

地址 日本国东京都

专利代理师 韩丁

G01R 31/28 (2006.01)

(56) 对比文件

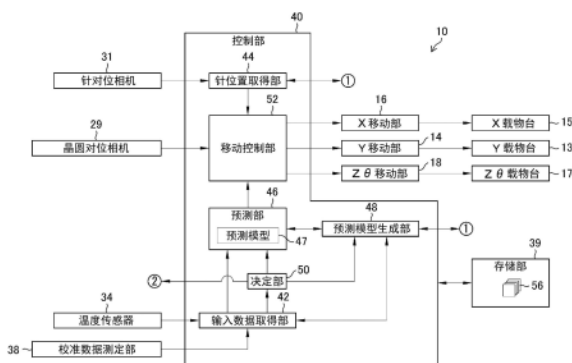
CN 111223786 A, 2020.06.02

JP 2018117095 A, 2018.07.26

审查员 王毅冰

权利要求书2页 说明书14页 附图9页

提供一种能更正确地预测探针的前端位置的探测器控制装置、探测器控制方法以及探测器。在使探针与半导体芯片接触的探测器控制装置中,具备:输入数据取得部,取得包括探针卡以及卡保持架的至少一方的温度数据在内的输入数据;预测部,基于输入数据取得部取得的输入数据,使用将输入数据作为输入且将探针的前端位置作为输出的预测模型,预测探针的前端位置;和决定部,在预测部的预测前,基于在预测模型的机器学习中用作教示数据的输入数据和输入数据取得部取得的输入数据,决定可否执行预测部所进行的预测。



1. 一种探测器控制装置,驱动探测器的相对移动部而使探针与半导体芯片接触,
所述探测器具备:晶圆卡盘,对形成了多个所述半导体芯片的晶圆进行保持;探针卡,具有所述探针;卡保持架,保持所述探针卡的外周并使所述探针卡与所述晶圆对置;和所述相对移动部,使所述晶圆卡盘相对于所述探针相对移动,
所述探测器控制装置具备:
输入数据取得部,取得包括所述探针卡以及所述卡保持架的至少一方的温度数据在内的输入数据;
预测部,基于所述输入数据取得部取得的所述输入数据,使用将所述输入数据作为输入且将所述探针的前端位置作为输出的预测模型,预测所述探针的前端位置;和
决定部,在所述预测部的预测前,基于在所述预测模型的机器学习中用作教导数据的所述输入数据和所述输入数据取得部取得的所述输入数据,决定可否执行所述预测部所进行的预测,
所述决定部进行以下处理:
按所述输入数据的每个参数,运算所述输入数据取得部取得的所述输入数据与用作所述教导数据的所述输入数据的差分;和
按每个所述参数运算所述差分的和的平方根,基于在每个所述参数的所述差分的和的平方根中,处于预先给定的恒定范围内的和的平方根是否有至少一个,判定可否执行所述预测部所进行的预测。
2. 根据权利要求1所述的探测器控制装置,其中,
所述探测器控制装置具备:
针位置取得部,在所述决定部决定为否的情况下,取得所述探针的前端位置;和
再次学习部,在所述决定部决定为否的情况下,使用将所述输入数据取得部取得的所述输入数据和所述针位置取得部取得的所述探针的前端位置相加而得的所述教导数据,使所述预测模型再次学习,
所述针位置取得部、所述再次学习部、所述输入数据取得部和所述决定部反复工作直到所述决定部决定为可为止。
3. 根据权利要求2所述的探测器控制装置,其中,
所述再次学习部从所述教导数据中除去最早的所述输入数据以及与所述输入数据对应的所述探针的前端位置之后,基于所述教导数据执行所述预测模型的再次学习。
4. 根据权利要求1或2所述的探测器控制装置,其中,
在所述决定部决定为可的情况下,所述预测部预测所述探针的前端位置,
所述探测器控制装置具备移动控制部,所述移动控制部基于所述预测部预测到的所述探针的前端位置,控制所述相对移动部,使所述探针接触所述半导体芯片。
5. 根据权利要求1或2所述的探测器控制装置,其中,
所述输入数据取得部作为所述输入数据,除了所述温度数据之外,取得包括所述半导体芯片的芯片尺寸、所述晶圆的位置、在所述半导体芯片的检测中使用的第一相机以及在所述探针的检测中使用的第二相机的位置关系中的至少任一个在内的校准数据。
6. 一种探测器,具备:
晶圆卡盘,对形成了多个半导体芯片的晶圆进行保持;

探针卡,具有探针;

卡保持架,保持探针卡的外周并使所述探针卡与所述晶圆对置;

相对移动部,使所述晶圆卡盘相对于所述探针相对移动;和

权利要求1~5中任一项所述的探测器控制装置。

7.一种探测器控制方法,驱动探测器的相对移动部而使探针与半导体芯片接触,

所述探测器具备:晶圆卡盘,对形成了多个所述半导体芯片的晶圆进行保持;探针卡,具有所述探针;卡保持架,保持所述探针卡的外周并使所述探针卡与所述晶圆对置;和所述相对移动部,使所述晶圆卡盘相对于所述探针相对移动,

所述探测器控制方法具有:

输入数据取得步骤,取得包括所述探针卡以及所述卡保持架的至少一方的温度数据在内的输入数据;

预测步骤,基于在所述输入数据取得步骤所取得的所述输入数据,使用将所述输入数据作为输入且将所述探针的前端位置作为输出的预测模型,预测所述探针的前端位置;和

决定步骤,在所述预测步骤之前,基于在所述预测模型的机器学习中用作教示数据的所述输入数据和在所述输入数据取得步骤所取得的所述输入数据,决定可否执行所述预测步骤,

在所述决定步骤中进行以下处理:

按所述输入数据的每个参数,运算所述输入数据取得步骤取得的所述输入数据与用作所述教示数据的所述输入数据的差分;和

按每个所述参数运算所述差分的和的平方根,基于在每个所述参数的所述差分的和的平方根中,处于预先给定的恒定范围内的和的平方根是否有至少一个,判定可否执行所述预测步骤所进行的预测。

探测器控制装置、探测器控制方法以及探测器

技术领域

[0001] 本发明涉及在晶圆形成的半导体芯片的电气的特性的检查中使用的探测器的探测器控制装置、探测器控制方法以及探测器。

背景技术

[0002] 在晶圆的表面,形成具有相同的电气元件电路的多个半导体芯片。在晶圆按每个半导体芯片由切割机分别切断之前,通过晶圆测试系统检查电气的特性。该晶圆测试系统具备探测器和测试仪(参照专利文献1到专利文献4)。

[0003] 探测器在将晶圆保持于晶圆卡盘(Wafer Chucking)上的状态下,通过使具有探针的探针卡和晶圆卡盘相对移动,从而使探针与半导体芯片的电极焊盘电接触(contact)。测试仪经由与探针连接的端子,对半导体芯片供给各种试验信号,并且对从半导体芯片输出的信号进行接收以及解析而测试半导体芯片是否正确地动作。

[0004] 半导体芯片使用于广泛的用途,在较大温度范围中使用。因此,半导体芯片的检查需要以例如室温(常温)、高温以及低温进行。因此,在探测器的晶圆卡盘设置例如加热机构、制冷机构、热泵机构等的温度调整部,通过该温度调整部从而在晶圆卡盘上被保持的晶圆被加热或者被冷却。

[0005] 此时,探测器的晶圆卡盘以外的各部分的温度也逐渐地变化以使得与晶圆卡盘的温度接近。因此,各部分通过加热所引起的热膨胀或者由于冷却而进行收缩,从而产生变形,伴随着该变形而探针与半导体芯片的相对位置也发生变化。其结果是,在为了进行半导体芯片的检查而使探针与晶圆相对移动时,存在产生探针不与半导体芯片正确地接触的探查错误(probing mistakes)的可能性。

[0006] 因而,在专利文献1中公开了在具有探针的探针卡安装温度传感器,基于该温度传感器的测定结果,校正使探针与半导体芯片接触时的晶圆卡盘的高度位置的探测器。在该专利文献1中记载的探测器中,通过预先求得探针卡的温度与探针的高度方向的位移量的关系,从而能够根据温度传感器的测定结果求得晶圆卡盘的高度位置的校正量。

[0007] 在专利文献2中,公开了在探针卡以及X方向移动载物台(stage)设置温度传感器,基于温度传感器的测定结果在探测器的给定部位的温度稳定的状态下使探针与半导体芯片接触的探测器。根据该专利文献2中记载的探测器,能够缩短对晶圆以及探针卡等进行预先加热的预热时间。

[0008] 在专利文献3中,公开了在晶圆卡盘、保持探针卡的卡保持架以及保持卡保持架的头载物台分别安装温度传感器,基于各温度传感器的测定结果,对探针与半导体芯片的接触位置进行校正的探测器。在该专利文献3的探测器中,通过预先求得晶圆卡盘以及卡保持架的各温度与探针的位置的关系,从而生成表示伴随着各温度的变化的探针的位置变化的预测模型。由此,专利文献3的探测器通过基于各温度传感器的温度测定结果,参照预测模型,从而能够校正探针与半导体芯片的接触位置。

[0009] 在专利文献4中,公开了进行探针卡以及卡保持架的双方的温度测定,基于双方的

温度测定结果,参照表示双方的温度与通过双方的热变形而位移的探针的前端位置的关系的预测模型,预测探针的前端位置的探测器。根据该专利文献4中记载的探测器,能够使探针与半导体芯片高效地稳定接触。

[0010] 先行技术文献

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献1:日本特开2006-173206号公报

[0013] 专利文献2:日本特开2005-228788号公报

[0014] 专利文献3:日本特开2007-311389号公报

[0015] 专利文献4:日本特开2018-117095号公报

发明内容

[0016] -发明所要解决的课题-

[0017] 在上述专利文献3以及专利文献4中记载的探测器中预先生成预测模型,但在如晶圆卡盘发生了温度变化之后不久等那样探测器内的温度不稳定的状态下生成预测模型的情况下,在预测模型的探针的前端位置的预测值与探针的前端位置的实测值之间产生偏离。其结果是,存在发生探查错误的可能性。因此,在该情况下,需要长时间持续预测模型的生成(学习)直到探测器内的温度稳定为止。

[0018] 此外,即使使用在探测器内的温度稳定的状态下生成的预测模型,也经过长时间而发生温度传感器的漂移,或者伴随着在探测器内没有进行温度测定的位置的温度变动而探针的前端位置的位移发生的情况下,存在在探针的前端位置的预测值与实测值之间产生偏离的可能性。

[0019] 本发明正是鉴于上述那样的状况而提出的,其目的在于提供一种能更正确地预测探针的前端位置的探测器控制装置、探测器控制方法以及探测器。

[0020] -用于解决课题的手段-

[0021] 用于实现本发明的目的的探测器控制装置,驱动探测器的相对移动部而使探针与半导体芯片接触,探测器具备:晶圆卡盘,对形成了多个半导体芯片的晶圆进行保持;探针卡,具有探针;卡保持架,保持探针卡的外周并使探针卡与晶圆对置;和相对移动部,使晶圆卡盘相对于探针相对移动,探测器控制装置具备:输入数据取得部,取得包括探针卡以及卡保持架的至少一方的温度数据在内的输入数据;预测部,基于输入数据取得部取得的输入数据,使用将输入数据作为输入且将探针的前端位置作为输出的预测模型,预测探针的前端位置;和决定部,在预测部的预测前,基于在预测模型的机器学习中用作教示数据的输入数据和输入数据取得部取得的输入数据,决定可否执行预测部所进行的预测。

[0022] 根据该探测器控制装置,在预测部所进行的预测前,能够判定在该预测中使用的预测模型是否能基于当前的输入数据预测正确的探针的前端位置。

[0023] 在本发明的其他方式所涉及的探测器控制装置中,决定部进行以下处理:按输入数据的每个参数,运算输入数据取得部取得的输入数据与用作教示数据的输入数据的差分;和按每个参数运算差分的和的平方根(root sum square),基于在每个参数的差分的和的平方根中,处于预先给定的恒定范围内的和的平方根是否有至少一个,判定可否执行预测部所进行的预测。

[0024] 在本发明的其他方式所涉及的探测器控制装置中,探测器控制装置具备:针位置取得部,在决定部决定为否的情况下,取得探针的前端位置;和再次学习部,在决定部决定为否的情况下,使用将输入数据取得部取得的输入数据和针位置取得部取得的探针的前端位置相加而得的教示数据,使预测模型再次学习,针位置取得部、再次学习部、输入数据取得部和决定部反复工作直到决定部决定为可为止。由此,能够正确地预测探针的前端位置。

[0025] 在本发明的其他方式所涉及的探测器控制装置中,再次学习部从教示数据中除去最早的输入数据以及与输入数据对应的探针的前端位置之后,基于教示数据执行预测模型的再次学习。由此,能够使输入数据取得部(温度传感器)的漂移的影响减少。

[0026] 在本发明的其他方式所涉及的探测器控制装置中,在决定部决定为可的情况下,预测部预测探针的前端位置,探测器控制装置具备移动控制部,移动控制部基于预测部预测到的探针的前端位置,控制相对移动部,使探针接触半导体芯片。由此,能够使探针与半导体芯片正确地接触。

[0027] 在本发明的其他方式所涉及的探测器控制装置中,输入数据取得部作为输入数据,除了温度数据之外,取得包括半导体芯片的芯片尺寸、晶圆的位置、在半导体芯片的检测中使用的第一相机以及在探针的检测中使用的第二相机的位置关系中的至少任一个在内的校准数据。

[0028] 用于实现本发明的目的的探测器具备:晶圆卡盘,对形成了多个半导体芯片的晶圆进行保持;探针卡,具有探针;卡保持架,保持探针卡的外周并使探针卡与晶圆对置;相对移动部,使晶圆卡盘相对于探针相对移动;和上述的探测器控制装置。

[0029] 用于实现本发明的目的的探测器控制方法,驱动探测器的相对移动部而使探针与半导体芯片接触,探测器具备:晶圆卡盘,对形成了多个半导体芯片的晶圆进行保持;探针卡,具有探针;卡保持架,保持探针卡的外周并使探针卡与晶圆对置;和相对移动部,使晶圆卡盘相对于探针相对移动,探测器控制方法具有:输入数据取得步骤,取得包括探针卡以及卡保持架的至少一方的温度数据在内的输入数据;预测步骤,基于在输入数据取得步骤所取得的输入数据,使用将输入数据作为输入且将探针的前端位置作为输出的预测模型,预测探针的前端位置;和决定步骤,在预测步骤之前,基于在预测模型的机器学习中用作教示数据的输入数据和在输入数据取得步骤所取得的输入数据,决定可否执行预测步骤。

[0030] -发明效果-

[0031] 本发明能够更正确地预测探针的前端位置。

附图说明

[0032] 图1为在对晶圆中形成的多个半导体芯片的电气的特性进行检查的晶圆测试系统中使用的探测器的概略图。

[0033] 图2为探测器的外观立体图。

[0034] 图3为在晶圆卡盘保持的晶圆的上表面图。

[0035] 图4为表示温度传感器所进行的卡保持架以及探针卡的温度测定点的一例的说明图。

[0036] 图5为表示探测器的控制部的功能的功能框图。

[0037] 图6为表示在预测模型生成部所进行的预测模型的机器学习所使用的教示数据的

一例的说明图。

[0038] 图7为表示探测器所进行的探针对半导体芯片的接触方法的流程的流程图。

[0039] 图8为在没有执行决定部所进行的决定以及预测模型的再次学习的比较例中,表示探针的前端位置的预测值与实测值的图表(参照附图标记VIIIA)和表示探针的前端位置的预测值与实测值的差分值的图表(参照附图标记VIIIB)。

[0040] 图9为在本实施方式中、表示探针的前端位置的预测值和实测值的图表(参照附图标记IXA)和表示探针的前端位置的预测值和实测值的差分值的图表(参照附图标记IXB)。

具体实施方式

[0041] [探测器的结构]

[0042] 图1为在检查在晶圆W形成的多个半导体芯片9(参照图3)的电气的特性的晶圆测试系统中使用的探测器10的概略图。图2为探测器10的外观立体图。

[0043] 如图1以及图2所示那样,探测器10具备:基座12;Y载物台13;Y移动部14;X载物台15;X移动部16;Z θ 载物台17;Z θ 移动部18;晶圆卡盘20;支柱23(参照图2);头载物台24(参照图2);卡保持架25;探针卡26;晶圆对位相机29;上下载物台30;针对位相机31;清洁板32和温度传感器34。另外,探测器10的外观结构并不限于图1以及图2所示的例子,能适当变更。

[0044] 在基座12的上表面,经由Y移动部14而Y载物台13在Y轴方向上移动自如地被支承。

[0045] Y移动部14具备:例如,设置在基座12的上表面且与Y轴平行的引导导轨;设置在Y载物台13的下表面且与引导导轨卡合的滑块;和使载物台13在Y轴方向上移动的马达等致动器。该Y移动部14在基座12上使Y载物台13在Y轴方向上移动。

[0046] 在Y载物台13的上表面,经由X移动部16而X载物台15在X轴方向上移动自如地被支承。X移动部16具备:例如设置在Y载物台13的上表面且与X轴平行的引导导轨;设置在X载物台15的下表面且与引导导轨卡合的滑块;和使X载物台15在X轴方向上移动的马达等的致动器。该X移动部16在Y载物台13上使X载物台15在X轴方向上移动。

[0047] 在X载物台15的上表面,设置Z θ 载物台17以及上下载物台30。在Z θ 载物台17设置Z θ 移动部18。此外,在Z θ 载物台17的上表面,经由Z θ 移动部18保持晶圆卡盘20。

[0048] Z θ 移动部18具有例如使Z θ 载物台17在Z轴方向(上下方向)上移动的升降机构;和使Z θ 载物台17绕着Z轴旋转的旋转机构。因此,Z θ 移动部18使在Z θ 载物台17的上表面保持的晶圆卡盘20在Z轴方向上移动,并且绕着Z轴旋转。

[0049] 在晶圆卡盘20的上表面,通过真空吸附等各种保持方法保持晶圆W。此外,在晶圆卡盘20中,设置用于进行晶圆W的温度调整的温度调整部20a。作为该温度调整部20a,使用例如加热机构、制冷机构以及热泵机构等的公知的机构。温度调整部20a对在晶圆卡盘20保持的晶圆W的温度进行调整。

[0050] 晶圆卡盘20经由已叙述的Y载物台13、Y移动部14、X载物台15、X移动部16、Z θ 载物台17和Z θ 移动部18,在XYZ轴方向上移动自如地被支承,并且绕着Z轴旋转自如地被支承。由此,能够使在晶圆卡盘20保持的晶圆W和后述的探针35相对移动。即,Y载物台13以及Y移动部14、X载物台15以及X移动部16、Z θ 载物台17以及Z θ 移动部18作为本发明的相对移动部发挥功能。

[0051] 图3为在晶圆卡盘20保持的晶圆W的上表面图。如图3所示那样,在晶圆W形成多个

半导体芯片9。此外,在各半导体芯片9形成多个电极焊盘9a。

[0052] 返回到图1以及图2,支柱23被设置在基座12的上表面,在Y载物台13、X载物台15以及Z0载物台17(以下,简称为各载物台13、15、17)的上方位置,支承头载物台24。由此,头载物台24经由支柱23被固定到基座12上。

[0053] 在头载物台24的中央部,保持卡保持架25。在卡保持架25形成保持探针卡26的外周的保持孔25a,在该保持孔25a保持探针卡26。由此,探针卡26经由头载物台24以及卡保持架25,被保持在与晶圆W对置的位置。

[0054] 探针卡26具有按照检查对象的半导体芯片9的电极焊盘9a的配置等而配置的探针35。这些卡保持架25以及探针卡26按照半导体芯片9的种类被更换。

[0055] 在探针卡26,设置已与探针35电连接的未图示的连接端子,该连接端子连接未图示的测试仪。测试仪经由探针卡26的连接端子以及探针35,对半导体芯片9的电极焊盘9a供给各种试验信号,并且接收以及解析从电极焊盘9a输出的信号来测试半导体芯片9是否正确地动作。另外,测试仪的结构以及测试方法是公知技术,因此省略详细的说明。

[0056] 晶圆对位相机29相当于本发明的第一相机,对在晶圆卡盘20保持的晶圆W的半导体芯片9进行拍摄。基于由该晶圆对位相机29拍摄的摄影图像,能检测检查对象的半导体芯片9的电极焊盘9a的位置。另外,针对晶圆对位相机29的设置位置以及构造没有特别地限定,但在本实施方式中,如日本特开2003-303865号公报所公开的那样,采用能测定与后述的针对位相机31之间的相对距离的设置位置以及构造(聚光的照射光学系统)。

[0057] 在上下载物台30,在与头载物台24等大致对置的位置设置针对位相机31以及清洁板32。此外,该上下载物台30具有在Z轴方向上移动自如的升降机构(未图示),能调整针对位相机31以及清洁板32的Z轴方向位置。另外,针对位相机31以及清洁板32经由Y载物台13以及Y移动部14、X载物台15以及X移动部16、上下载物台30,在XYZ轴方向上移动自如地被支承。由此,能使针对位相机31以及清洁板32与探针35相对移动。

[0058] 针对位相机31相当于本发明的第二相机,对探针卡26的探针35进行拍摄。基于由该针对位相机31拍摄的探针35的摄影图像,能检测探针35的位置。具体地说,探针35的前端位置的XY坐标从针对位相机31的位置坐标检测,探针35的前端位置的Z坐标从针对位相机31的焦点位置检测。

[0059] 在由上述结构的探测器10进行晶圆W的半导体芯片9的检查的情况下,按每次更换探针卡26或者每次检查给定个数的半导体芯片9,驱动各载物台13、15、17而使针对位相机31相对移动到探针35的摄影位置之后,由针对位相机31拍摄探针35。基于该针对位相机31的摄影图像,检测已叙述那样的探针35的前端位置。

[0060] 此外,在使检查对象的晶圆W保持于晶圆卡盘20的状态下,驱动各载物台13、15、17而使晶圆对位相机29相对移动到晶圆W的摄影位置之后,由晶圆对位相机29拍摄晶圆W的半导体芯片9。基于该晶圆对位相机29的摄影图像,检测检查对象的半导体芯片9的电极焊盘9a的位置。

[0061] 而且,驱动各载物台13、15、17而使探针35与最初进行检查的半导体芯片9的电极焊盘9a电气地接触。在该状态下通过未图示的测试仪执行最初进行检查的半导体芯片9的检查。以下同样地执行检查对象的剩余的半导体芯片9的检查。另外,半导体芯片9的具体的检查方法为公知技术,在此省略具体的说明(例如参照专利文献4)。

[0062] 温度传感器34分别设置在与卡保持架25以及探针卡26各自的下表面对置的位置,例如Z0载物台17的侧面和上下载物台30的侧面。因此,各温度传感器34被各载物台13、15、17、30相对于卡保持架25以及探针卡26相对移动自如地保持。

[0063] 温度传感器34为例如使用了放射能量检测方式的非接触式的温度传感器,采用非接触方式测定卡保持架25以及探针卡26的温度。卡保持架25以及探针卡26受到晶圆卡盘20的温度的影响而产生热变形,伴随着该热变形而探针35的前端位置产生位移。因此,通过由温度传感器34测定卡保持架25以及探针卡26的温度,从而能预测探针35的前端位置[位移(位移方向,位移量)](参照上述专利文献4)。

[0064] 图4为表示温度传感器34所进行的卡保持架25以及探针卡26的温度测定点的一例的说明图。另外,在图4中,省略探针35的图示。如图4所示那样,温度传感器34为了检测卡保持架25以及探针卡26的双方的温度分布,测定包括探针卡26内的多个温度测定点P1~P5、卡保持架25内的多个温度测定点P6~P13在内的双方的多个位置的温度。另外,图4中的各温度测定点P1~P13为例示,该位置以及数目也可以适当变更。

[0065] 温度传感器34在后述的控制部40(参照图5)的控制下,进行各温度测定点P1~P13的温度测定,将作为该温度测定结果的温度数据向控制部40输出。另外,在后述的控制部40的控制下驱动各载物台13、15、17、30,即温度传感器34相对于卡保持架25以及探针卡26相对移动,以使得在各温度测定点P1~P13的温度测定时,温度传感器34被配置在能测定各温度测定点P1~P13的温度的位置。由此,能进行各温度测定点P1~P13的温度的定点测定。

[0066] <控制部的功能>

[0067] 图5为表示探测器10的控制部40的功能的功能框图。另外,在图5中,仅图示在控制部40的各功能中探针35与晶圆W(半导体芯片9的电极焊盘9a)的接触控制所涉及的功能,关于其他功能为公知技术,因此省略图示。

[0068] 如图5所示那样,控制部40相当于本发明的探测器控制装置,综合控制探测器10的各部分。另外,控制部40也可以内置于探测器10的主体,或者也可以与该主体分开设置。

[0069] 控制部40例如由个人计算机那样的运算装置构成,具有由各种处理器(Processor)以及存储器等构成的运算电路。在各种处理器中,包括CPU(Central Processing Unit,中央处理单元)、GPU(Graphics Processing Unit,图形处理单元)、ASIC(Application Specific Integrated Circuit,专用集成电路)以及可编程逻辑设备[例如SPLD(Simple Programmable Logic Devices,简单可编程逻辑器件)、CPLD(Complex Programmable Logic Device,复杂可编程逻辑器件)以及FPGA(Field Programmable Gate Arrays,现场可编程门阵列)]等。另外,控制部40的各种功能也可以由一个处理器实现,也可以由同种或者不同种的多个处理器实现。

[0070] 此外,在控制部40中,经由各种通信接口(未图示),连接已叙述的晶圆对位相机29、针对位相机31以及温度传感器34等,除此之外连接校准数据测定部38以及存储部39。

[0071] 校准数据测定部38对晶圆对位相机29以及针对位相机31等进行控制来测定校准数据。校准数据为与已叙述的温度数据一起使用于探针35的前端位置(位移)的预测的数据。在该校准数据中,包括例如检查对象的半导体芯片9的三维的芯片尺寸、晶圆W的三维的位置、晶圆对位相机29以及针对位相机31之间的三维的相对距离(以下,简称为相机相对距离)。另外,相机相对距离表示晶圆对位相机29以及针对位相机31的位置关系。

[0072] 具体地说校准数据测定部38基于由晶圆对位相机29拍摄到的晶圆W(半导体芯片9)的摄影图像,测定半导体芯片9的芯片尺寸(膨胀量)。此外,校准数据测定部38基于由晶圆对位相机29拍摄到的半导体芯片9的特定模式(省略图示)的摄影图像,测定晶圆W的位置。进而,校准数据测定部38如日本特开2003-303865号公报所公开的那样,使用晶圆对位相机29、针对位相机31和照射聚光(spot light)的光学系统(省略图示)来测定相机相对距离。而且,校准数据测定部38向控制部40输出包括半导体芯片9的芯片尺寸、晶圆W的位置以及相机相对距离的校准数据。

[0073] 在存储部39中,除了使控制部40动作的控制程序(省略图示)以及探测器10所得到的半导体芯片9的检查结果之外,还保存后述的预测模型47的机器学习中使用的教示数据56(也称作训练数据)。

[0074] 在检查晶圆W内的检查对象的半导体芯片9时,控制部40通过执行从存储部39读出的未图示的控制程序,作为输入数据取得部42、针位置取得部44、预测部46、预测模型生成部48、决定部50以及移动控制部52发挥功能。

[0075] 使输入数据取得部42执行使探针35与检查对象的半导体芯片9接触的接触控制前(以下,简单省略为接触控制前)、在后述的预测模型47的生成前以及再次学习前温度传感器34所进行的各温度测定点P1~P13的温度测定和校准数据测定部38所进行的校准数据的测定。由此,输入数据取得部42在上述的各定时、取得包括来自温度传感器34的各温度测定点P1~P13的温度数据和来自校准数据测定部38的校准数据的输入数据。

[0076] 此外,输入数据取得部42将在接触控制前取得的输入数据向后述的预测部46以及决定部50输出,将在预测模型47的生成前以及再次学习前取得的输入数据向后述的预测模型生成部48输出。

[0077] 在更换探针卡26后、给定个数的半导体芯片9的检查后以及后述的预测模型47的生成前以及再次学习前,使针位置取得部44执行针对位相机31所进行的探针35的摄影而从针对位相机31取得探针35的摄影图像,基于该摄影图像取得探针35的前端位置。

[0078] 此外,针位置取得部44将在预测模型47的生成前以及再次学习前取得的探针35的前端位置向后述的预测模型生成部48输出,将在探针卡26的更换后等取得的探针35的前端位置向后述的移动控制部52输出。

[0079] 预测部46在接触控制前且后述的决定部50将预测部46所进行的预测的执行决定为“可”的情况下,预测探针35的前端位置。具体地说,预测部46基于输入数据取得部42取得的输入数据(各温度测定点P1~P13的温度数据、校准数据),参照预先生成的后述的预测模型47来预测探针35的前端位置,将该前端位置的预测结果向移动控制部52输出。另外,在通过预测模型47预测的探针35的前端位置,也包括通过针位置取得部44取得的距探针35的前端位置的位移量(校正量)。

[0080] 预测模型47为通过后述的预测模型生成部48以基于多元回归模型(称作多元回归方程、多元回归分析)的机器学习(监督学习)生成的学习完毕模型。预测模型47将作为说明变量的多个输入数据(各温度测定点P1~P13的温度数据,校准数据)设为输入,输出作为目的变量的探针35的前端位置的预测值。

[0081] 预测模型生成部48在产品用的晶圆W的半导体芯片9的检查前进行预测模型47的生成。预测模型生成部48最初使用产品用的晶圆W或者与其相同的试验用(预测模型作成

用)的晶圆W,进行教导数据56(输入数据,校准数据,以及探针35的前端位置)的测定。

[0082] 图6为表示在预测模型生成部48所进行的预测模型47的机器学习中使用的教导数据56的一例的说明图。另外,在图6中,为了防止图面的复杂化,仅例示了XYZ方向中一个方向(在此为Y方向)的校准数据以及一个方向的探针35的前端位置。

[0083] 如图6以及已叙述的图5所示那样,预测模型生成部48控制温度传感器34、校准数据测定部38以及后述的移动控制部52等来使输入数据的测定(各温度测定点P1~P13的温度测定、校准数据的测定)执行给定时间。由此,得到各温度测定点P1~P13的温度数据T1~T13。此外,作为校准数据,得到半导体芯片9的芯片尺寸D1(距批次(lot)开始时的变化量)、晶圆W的晶圆位置D2(距批次开始时的变动量)以及相机相对距离D3(距批次开始时的变动量)。

[0084] 预测模型生成部48与上述的输入数据的测定定时相匹配地控制针对位相机31、针位置取得部44以及后述的移动控制部52等来执行探针35的前端位置的测定。由此,得到输入数据的每个测定定时的探针35的前端位置 $Y[\alpha]$ (α 为任意的自然数)。

[0085] 如上那样预测模型生成部48取得多个包括输入数据和与输入数据对应的探针35的前端位置 $Y[\alpha]$ 在内的教导数据56。另外,虽然详细内容后述,但由于在本实施方式中能进行预测模型47的再次学习,因此教导数据56取得在预测模型47的机器学习中必要的最低限度的数即可,例如在本实施方式中使用1个晶圆W来进行教导数据56的取得。

[0086] 接下来,预测模型生成部48基于多个教导数据56,即作为说明变量的输入数据(T1~T13,D1~D3)以及作为目的变量的探针35的前端位置 $Y[\alpha]$,通过基于多元回归模型的机器学习,从输入数据生成用于预测探针35的前端位置的预测模型47。该预测模型47的具体的生成方法、即使用了多元回归模型的机器学习的算法是公知技术,因此在此省略具体的说明。由此,预测部46能从当前的输入数据预测当前的探针35的前端位置。

[0087] 另外,用于生成预测模型47的机器学习的算法不限于多元回归模型,例如也可以使用卷积神经网络(Convolutional neural network:CNN)等的公知的机器学习的算法。

[0088] 此外,预测模型生成部48使在预测模型47的机器学习中使用的教导数据56(也可以仅为输入数据)存储于存储部39。在存储部39存储的教导数据56被使用于后述的决定部50进行决定可否执行预测部46所进行的预测。

[0089] 进而,虽然详情后述,但预测模型生成部48在预测模型47的生成后且后述的决定部50将预测部46所进行的预测的执行决定为“否”的情况下进行工作,进行预测模型47的再次学习。

[0090] 返回到图5,决定部50在接触控制前(预测部46所进行的预测前)进行工作,通过对输入数据取得部42所取得的当前(最新)的输入数据和存储部39内的教导数据56的输入数据进行比较,来决定可否执行预测部46所进行的预测(简称为预测可否决定)。

[0091] 如果当前的输入数据没有从在预测模型47的机器学习中使用的教导数据56的输入数据较大地脱离,则该预测模型47为使以与当前的输入数据对应的教导数据56的机器学习已经结束的学习完毕状态。因此,在预测部46基于当前的输入数据使用预测模型47来预测了探针35的前端位置的情况下,能够预测正确的探针35的前端位置。

[0092] 另一方面,在当前的输入数据较大地脱离教导数据56的输入数据的情况下,该预测模型47为未以与当前的输入数据对应的教导数据56进行机器学习的未学习状态。因此,

预测部46即使使用该未学习状态的预测模型47进行了探针35的前端位置的预测,也无法预测正确的探针35的前端位置。

[0093] 因此,决定部50通过将当前的输入数据与存储部39内的教导数据56的输入数据进行比较,来判定相对于当前的输入数据预测模型47是学习完毕状态还是未学习状态,从而进行预测可否决定。

[0094] 决定部50最初按每个输入数据的参数(温度数据T1~T13,芯片尺寸D1,晶圆位置D2,相机相对距离D3),运算当前的输入数据与教导数据56的输入数据的差分。接下来,决定部50按每个参数运算差分的和的平方根而基于在每个参数的和的平方根中处于恒定范围内(阈值以下)的和的平方根是否有至少一个,判定预测模型47是学习完毕状态还是未学习状态。

[0095] 以下,对决定部50所进行的决定方法(判定方法)具体地进行说明。另外,为了防止说明的复杂化,在此作为输入数据仅由温度数据T1~T13构成的情况进行说明。

[0096] 在设输入数据的参数数目为m个,学习完毕次数为N次的情况下,学习完毕的输入数据(说明变量)由下述的[数式1]式表示。此外,学习完毕的探针35的前端位置Y[α](目的变量)由下述的[数式2]式表示。而且,通过使用多元回归模型的机器学习的算法得到的函数,即预测模型47由下述的[数式3]式表示。

[0097] [数式1]

$$[0098] \quad \{X[1], \dots, X[N]\} = \left\{ \begin{pmatrix} X_1[1] \\ X_2[1] \\ \vdots \\ X_m[1] \end{pmatrix}, \dots, \begin{pmatrix} X_1[N] \\ X_2[N] \\ \vdots \\ X_m[N] \end{pmatrix} \right\}$$

[0099] [数式2]

$$[0100] \quad \{Y[1], \dots, Y[N]\}$$

[0101] [数式3]

$$[0102] \quad Y = a_0 + \sum_{k=1}^m a_k X_k$$

[0103] 在进行探针35的前端位置的预测的阶段取得的“当前的输入数据”由下述的[数式4]式所示的X[T]表示的情况下,该当前的输入数据X[T]和作为任意的第s次的教导数据56的输入数据的X[s]的欧几里得距离D[s]由下述的[数式5]式表示。

[0104] [数式4]

$$[0105] \quad X[T] = \begin{pmatrix} X_1[T] \\ X_2[T] \\ \vdots \\ X_m[T] \end{pmatrix}$$

[0106] [数式5]

$$[0107] \quad D[s] = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X_k[s] - X_k[T])^2}$$

[0108] 决定部50针对全部的欧几里得距离 $D[s]$ ($s=1, 2, \dots, N$) 进行与预先确定的阈值 D_{th} 的比较, 在低于阈值 D_{th} 的欧几里得距离 $D[s]$ 存在至少一个的情况下, 判定为预测模型47 ([数式3]式) 为学习完毕状态, 决定执行该预测模型47所进行的预测。在该情况下已叙述的预测部46基于作为说明变量的当前的输入数据 $X[T]$, 使用由[数式3]式表示的预测模型47, 预测作为目的变量的探针35的前端位置 $Y[T]$ 。

[0109] 另一方面, 决定部50在低于阈值 D_{th} 的欧几里得距离 $D[s]$ 一个都不存在的情况下, 判定为预测模型47为未学习状态, 将该预测模型47所进行的预测的执行决定为否。在该情况下, 预测模型生成部48接受来自决定部50的决定结果的输入而作为本发明的再次学习部发挥功能, 从而执行预测模型47的再次学习。

[0110] 预测模型生成部48在进行预测模型47的再次学习的情况下, 控制针位置取得部44以及后述的移动控制部52等, 取得与当前的输入数据 $X[T]$ 对应的作为目的变量的探针35的前端位置 $Y[T]$ 。另外, 此时预测模型生成部48也可以控制温度传感器34、校准数据测定部38以及移动控制部52等, 执行输入数据的再次测定。

[0111] 接下来, 预测模型生成部48对存储部39内的教导数据56加上当前的输入数据 $X[T]$ 以及探针35的前端位置 $Y[T]$ 而作成新的教导数据56。此时, 为了使预测模型生成部48减少温度传感器34的漂移的影响, 优选如下述的[数式6]式以及[数式7]式所示那样, 从存储部39内的教导数据56 (说明变量, 目的变量) 除去最早的数据 ($X[1], Y[1]$)。

[0112] [数式6]

$$[0113] \quad \{X[2], \dots, X[N], X[T]\} = \left\{ \begin{pmatrix} X_1[2] \\ X_2[2] \\ \vdots \\ X_m[2] \end{pmatrix}, \dots, \begin{pmatrix} X_1[N] \\ X_2[N] \\ \vdots \\ X_m[N] \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} X_1[T] \\ X_2[T] \\ \vdots \\ X_m[T] \end{pmatrix} \right\}$$

[0114] [数式7]

[0115] $\{Y[2], \dots, Y[N], Y[T]\}$

[0116] 而且, 预测模型生成部48基于在存储部39内存储的教导数据56, 即上述[数式6]式所示的输入数据 (说明变量) 以及上述[数式7]式所示的探针35的前端位置 (目的变量), 进行基于多元回归模型的机器学习来进行预测模型47的再次学习。由此, 如下述[数式8]式所示那样, 得到新的预测模型47 (函数)。

[0117] [数式8]

$$[0118] \quad Y = b_0 + \sum_{k=1}^m b_k X_k$$

[0119] 如果预测模型47的再次学习完毕, 则在执行了输入数据取得部42所进行的输入数据的取得之后, 执行决定部50所进行的预测可否决定。

[0120] 以下, 通过针位置取得部44、预测模型生成部48、输入数据取得部42以及决定部50进行反复工作, 从而使探针35的前端位置的取得、存储部39内的教导数据56的更新、预测模

型47的再次学习、输入数据的取得以及预测可否决定反复执行,直到决定部50在预测可否决定中决定为可为止。由此,预测部46能够始终使用学习完毕状态的预测模型47来预测探针35的前端位置。

[0121] 移动控制部52经由Y移动部14、X移动部16以及Z0移动部18,进行各载物台13、15、17的驱动。该移动控制部52基于从晶圆对位相机29输入的摄影图像,取得在晶圆卡盘20保持的晶圆W的检查对象的半导体芯片9(电极焊盘9a)的位置。此外,移动控制部52从针位置取得部44取得探针35的前端位置(探针卡26的更换时等测定的值)。

[0122] 而且,移动控制部52通过在产品用的晶圆W的检查时驱动各载物台13、15、17而使晶圆W相对于探针35相对移动,从而使探针35与晶圆W的检查对象的半导体芯片9依次接触。此时,移动控制部52基于预测部46所得到的探针35的前端位置的预测结果,驱动各载物台13、15、17,按检查对象的每个半导体芯片9,进行探针35相对于半导体芯片9的接触位置的校正。由此,即使由于卡保持架25以及探针卡26的热变形等而探针35的前端位置进行了位移,也能使探针35在与该位移后的前端位置相对应的校正后的各接触位置与检查对象的半导体芯片9接触。

[0123] [本实施方式的作用]

[0124] 图7为表示相当于本发明的探测器控制方法的、上述结构的探测器10所进行的探针35向半导体芯片9的接触方法的流程的流程图。另外,作为预测模型47被预先生成且在该机器学习所使用的教导数据56被存储于存储部39,进而针位置取得部44所进行的探针35的前端位置的取得也进行了的情况而进行说明。

[0125] 如果产品用的晶圆W被晶圆卡盘20保持,则执行晶圆对位相机29所进行的晶圆W的半导体芯片9的摄影。而且,移动控制部52基于由晶圆对位相机29拍摄到的摄影图像,判别检查对象的半导体芯片9(电极焊盘9a)的位置。

[0126] 此外,输入数据取得部42执行温度传感器34所进行的各温度测定点P1~P13的温度测定和校准数据测定部38所进行的校准数据的测定。由此,输入数据取得部42取得包括各温度测定点P1~P13的温度数据和校准数据在内的当前的输入数据(步骤S1,相当于本发明的输入数据取得步骤)。

[0127] 如果当前的输入数据的取得结束,则决定部50进行工作,对输入数据取得部42所取得的当前的输入数据和存储部39内的教导数据56的输入数据进行比较来进行预测可否决定(步骤S2,相当于本发明的决定步骤)。具体地说,决定部50基于上述[数式5]式所表示的欧几里得距离 $D[s]$ ($s=1,2,\dots,N$)的每一个与阈值 D_{th} 进行了比较所得到的结果,判定预测模型47对当前的输入数据是学习完毕状态还是未学习状态。

[0128] 在决定部50在预测可否决定中决定为否的情况下(步骤S3中否),预测模型生成部48控制针位置取得部44以及移动控制部52等来取得与当前的输入数据对应的探针35的前端位置(步骤S4)。另外,此时也可以执行输入数据的再次取得。

[0129] 接下来,预测模型生成部48如上述[数式6]式以及[数式7]式所示那样,通过对存储部39内的教导数据56加上当前的输入数据以及探针35的前端位置Y并且除去最早的数据,从而进行教导数据56的更新(步骤S5)。而且,预测模型生成部48基于存储部39内的新的教导数据56,执行预测模型47的再次学习而生成新的预测模型47(步骤S6)。

[0130] 如果预测模型47的再次学习完毕,则输入数据取得部42再次取得输入数据(步骤

S2), 决定部50基于该输入数据进行预测可否决定(步骤S3)。以下, 重复步骤S4~步骤S6、步骤S1以及步骤S2的处理直到决定部50在预测可否决定中决定为可为止。

[0131] 在决定部50在预测可否决定中决定为可的情况下(步骤S3中是), 预测部46基于由最近的步骤S1取得的输入数据, 参照预测模型47来预测探针35的前端位置(步骤S7, 相当于本发明的预测步骤)。而且, 预测部46将探针35的前端位置的预测结果向移动控制部52输出。

[0132] 接下来, 移动控制部52基于从预测部46输入的探针35的前端位置的预测结果和之前判别的检查对象的半导体芯片9的位置, 控制各载物台13、15、17的移动而使探针35与检查对象的半导体芯片9接触(步骤S8)。在该接触后, 通过未图示的测试仪执行半导体芯片9的检查(步骤S9)。

[0133] 以下, 针对剩余的检查对象的半导体芯片9也同样地执行检查。此时, 也可以按每次给定个数的半导体芯片9被检查或者每次经过给定时间, 反复执行从步骤S1到步骤S7的处理。

[0134] [本实施方式的效果]

[0135] 如以上那样在本实施方式中, 决定部50通过对在接触控制前取得的当前的输入数据和教导数据56的输入数据进行比较来进行预测可否决定, 在该决定部50决定为否的情况下执行预测模型47的再次学习, 从而也能够比以往更正确地预测探针35的前端位置。

[0136] 图8为表示在没有执行决定部50所进行的决定以及预测模型47的再次学习的比较例中, 表示探针35的前端位置的预测值PV与实测值MV的图表(参照附图标记VIIIA)和表示探针35的前端位置的预测值PV与实测值MV的差分值的图表(参照附图标记VIIIB)。图9为在本实施方式中、表示探针35的前端位置的预测值PV与实测值MV的图表(参照附图标记IXA)和表示探针35的前端位置的预测值PV和实测值MV的差分值的图表(参照附图标记IXB)。

[0137] 另外, 图8以及图9的图表表示在将晶圆卡盘20的温度设定为200°的状态下, XYZ方向中的任意一个方向(在此为Y方向)中的探针35的前端位置的预测值PV以及实测值MV的时间变化与其的差分值的时间变化。此外, 图8以及图9中的附图标记WA表示进行了机器学习的机器学习范围。

[0138] 在图8所示那样的比较例中, 发生温度传感器34的漂移, 或者发生探针35的前端位置伴随着在探测器10内未进行温度测定的位置的溫度变动的位移, 从而确认了在机器学习范围WA以后在探针35的前端位置的预测值PV与实测值MV之间产生偏离, 差分值逐渐变大。

[0139] 对此如图9所示那样, 在本实施方式中, 通过即使在机器学习范围WA以后也执行决定部50所进行的预测可否决定以及预测模型47的再次学习, 从而确认了探针35的前端位置的预测值PV与实测值MV几乎一致, 差分值减少。由此, 在本实施方式中, 通过即使在发生温度传感器34的漂移, 或者发生探针35的前端位置伴随着在探测器10内未进行温度测定的位置的溫度变动的位移的情况下, 执行预测模型47的再次学习, 从而能够更正确地预测探针的前端位置。

[0140] 此外, 在本实施方式中, 通过能进行预测模型47的再次学习, 从而不需要长时间持续初次的预测模型47的生成(机器学习), 因此能够减少预测模型47的生成所需要的作业。

[0141] [其他]

[0142] 上述实施方式中, 预测模型生成部48进行预测模型47的生成以及再次学习这两

者,但预测模型47的生成也可以由探测器10的制造商或者其他的探测器10等进行。在该情况下,也可以代替预测模型生成部48而将仅进行预测模型47的再次学习的再次学习部设置于控制部40。

[0143] 在上述实施方式中,决定部50使用上述[数式5]式来执行预测可否决定,但该决定方法未被特别限定。例如,按输入数据的每个参数,判定当前的输入数据是否包括在教示数据56的输入数据的最大值与最小值之间(以下,称作最大最小范围),也可以基于在全部的参数中当前的输入数据是否包括在最大最小范围内来执行预测可否决定。

[0144] 作为上述实施方式,作为输入数据,对卡保持架25以及探针卡26的温度数据和校准数据进行测定,但也可以仅测定温度数据。此外,在上述实施方式中,作为输入数据测定了卡保持架25以及探针卡26这两者的温度数据,但也可以测定卡保持架25以及探针卡26的至少一方的温度数据。进而,在上述实施方式中,作为校准数据测定了半导体芯片9的芯片尺寸、晶圆W的位置以及相机相对距离,但也可以测定它们中的至少一个。

[0145] 在上述实施方式中,使用了非接触式的温度传感器34,但也可以使用接触式的温度传感器34。

[0146] -附图标记说明-

[0147] 9 半导体芯片

[0148] 9a 电极焊盘

[0149] 10 探测器

[0150] 12 基座

[0151] 13 Y载物台

[0152] 14 Y移动部

[0153] 15 X载物台

[0154] 16 X移动部

[0155] 17 Z0载物台

[0156] 18 Z0移动部

[0157] 20 晶圆卡盘

[0158] 20a 温度调整部

[0159] 23 支柱

[0160] 24 头载物台

[0161] 25 卡保持架

[0162] 25a 保持孔

[0163] 26 探针卡

[0164] 29 晶圆对位相机

[0165] 30 上下载物台

[0166] 31 针对位相机

[0167] 32 清洁板

[0168] 34 温度传感器

[0169] 35 探针

[0170] 38 校准数据测定部

- [0171] 39 存储部
- [0172] 40 控制部
- [0173] 42 输入数据取得部
- [0174] 44 针位置取得部
- [0175] 46 预测部
- [0176] 47 预测模型
- [0177] 48 预测模型生成部
- [0178] 50 决定部
- [0179] 52 移动控制部
- [0180] 56 教示数据
- [0181] D 欧几里得距离
- [0182] D1 芯片尺寸
- [0183] D2 晶圆位置
- [0184] D3 相机相对距离
- [0185] Dth 阈值
- [0186] MV 实测值
- [0187] P1 ~ P13 温度测定点
- [0188] PV 预测值
- [0189] T1 ~ T13 温度数据
- [0190] W 晶圆
- [0191] WA 机器学习范围。

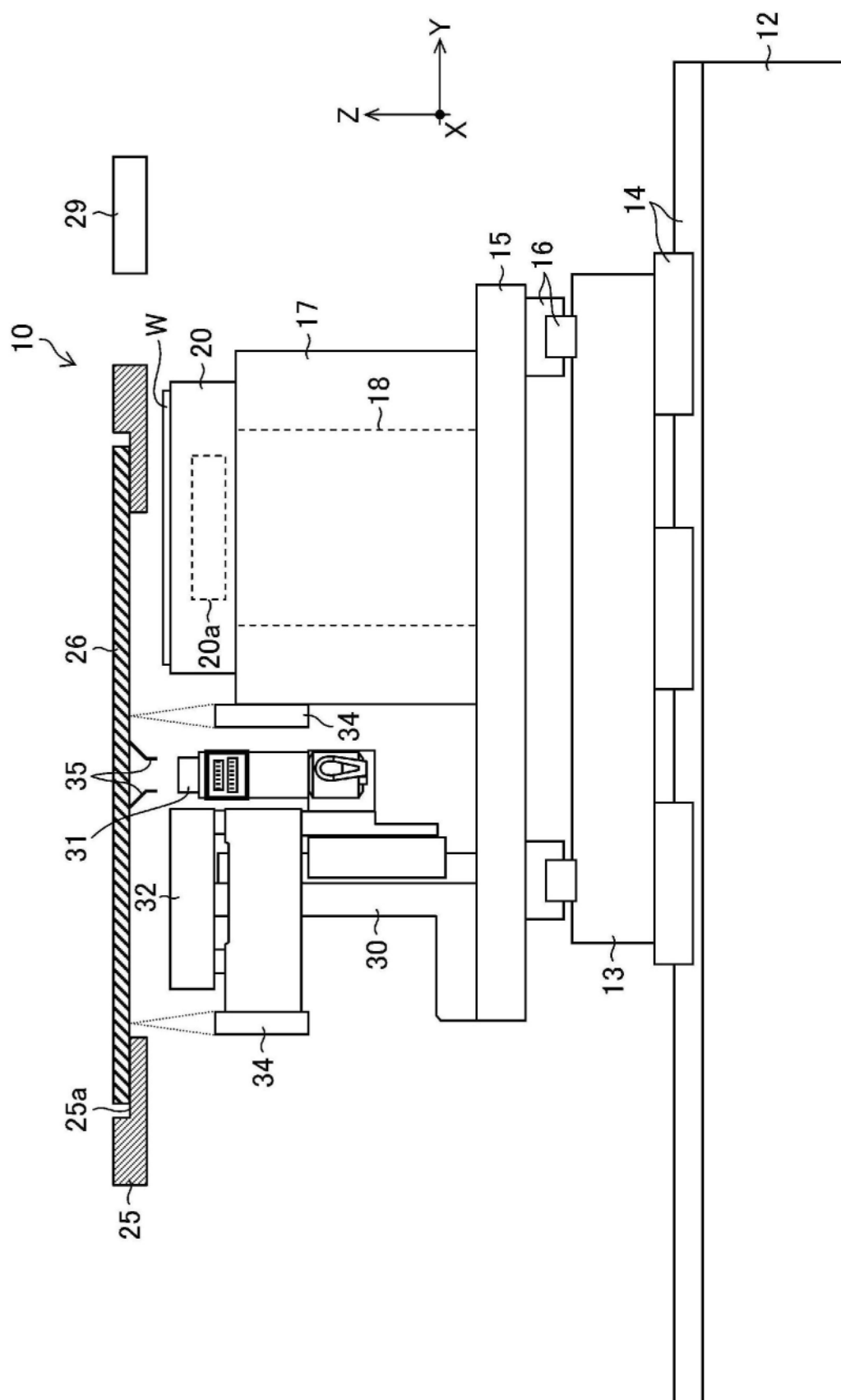


图1

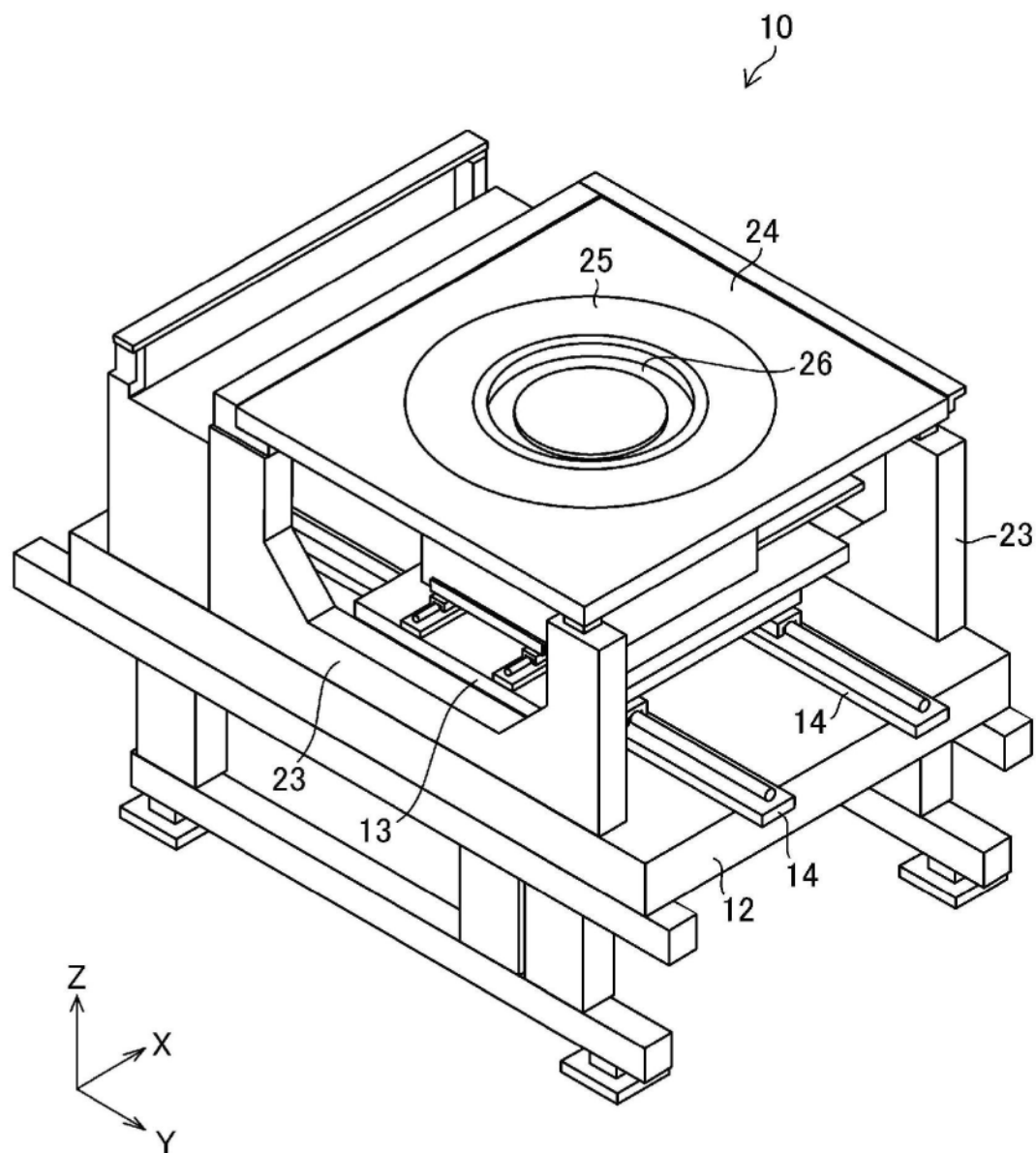


图2

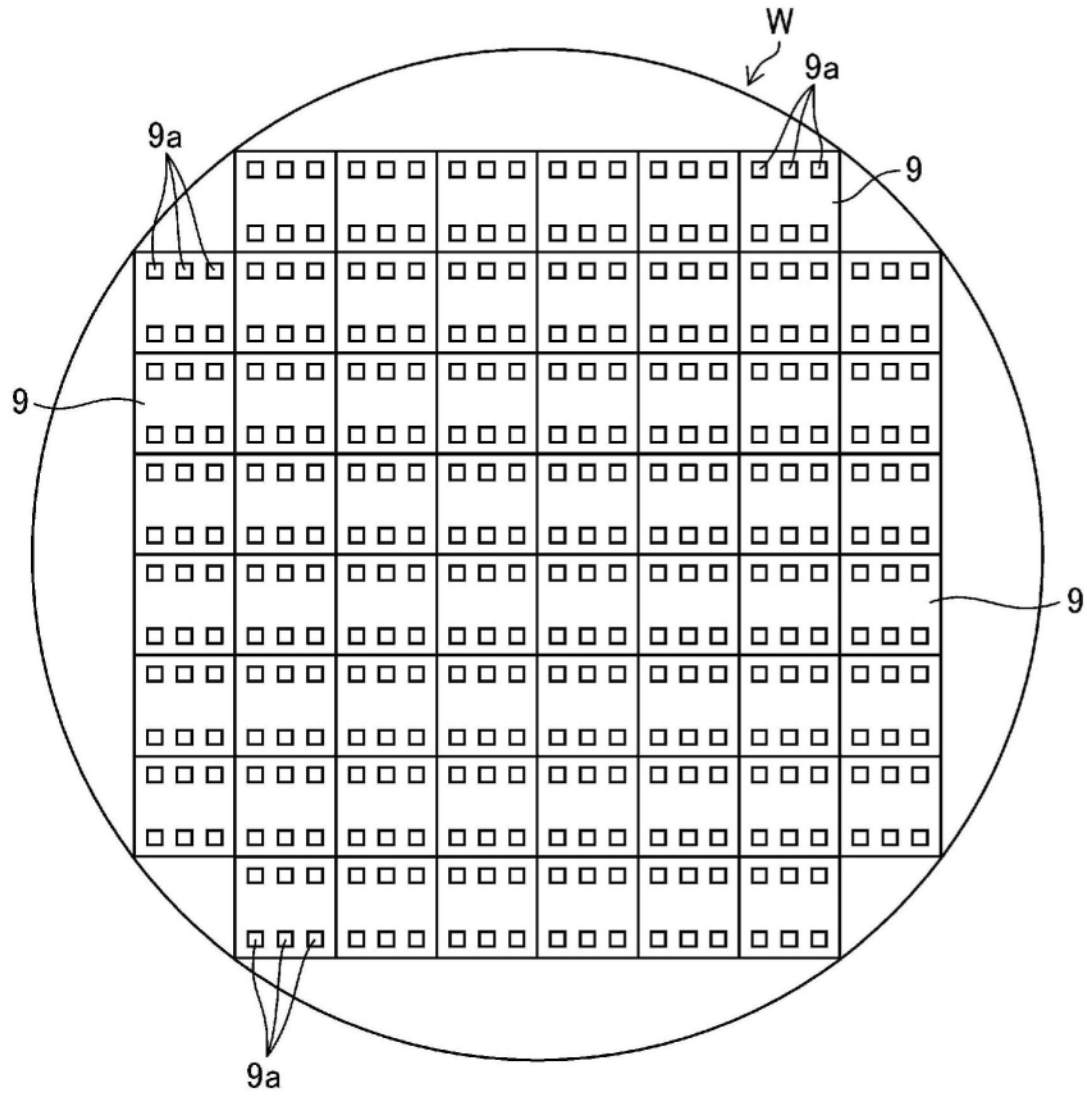


图3

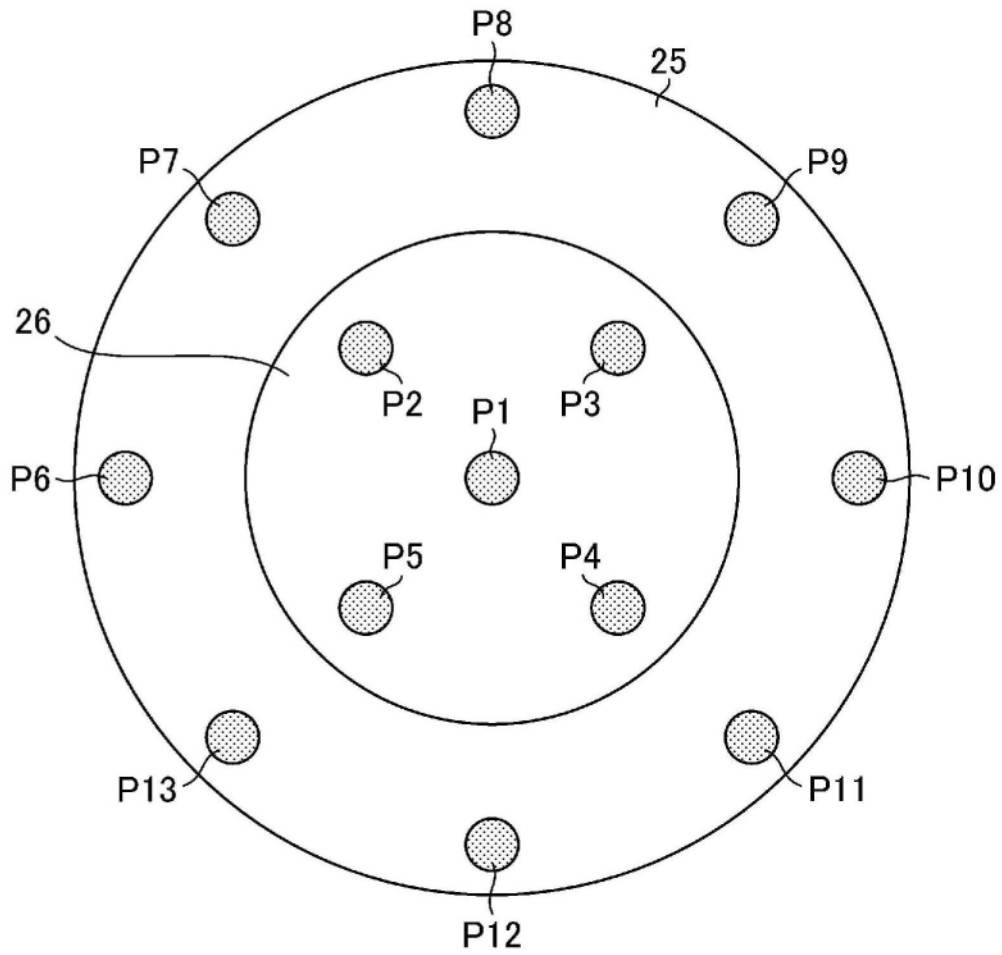


图4

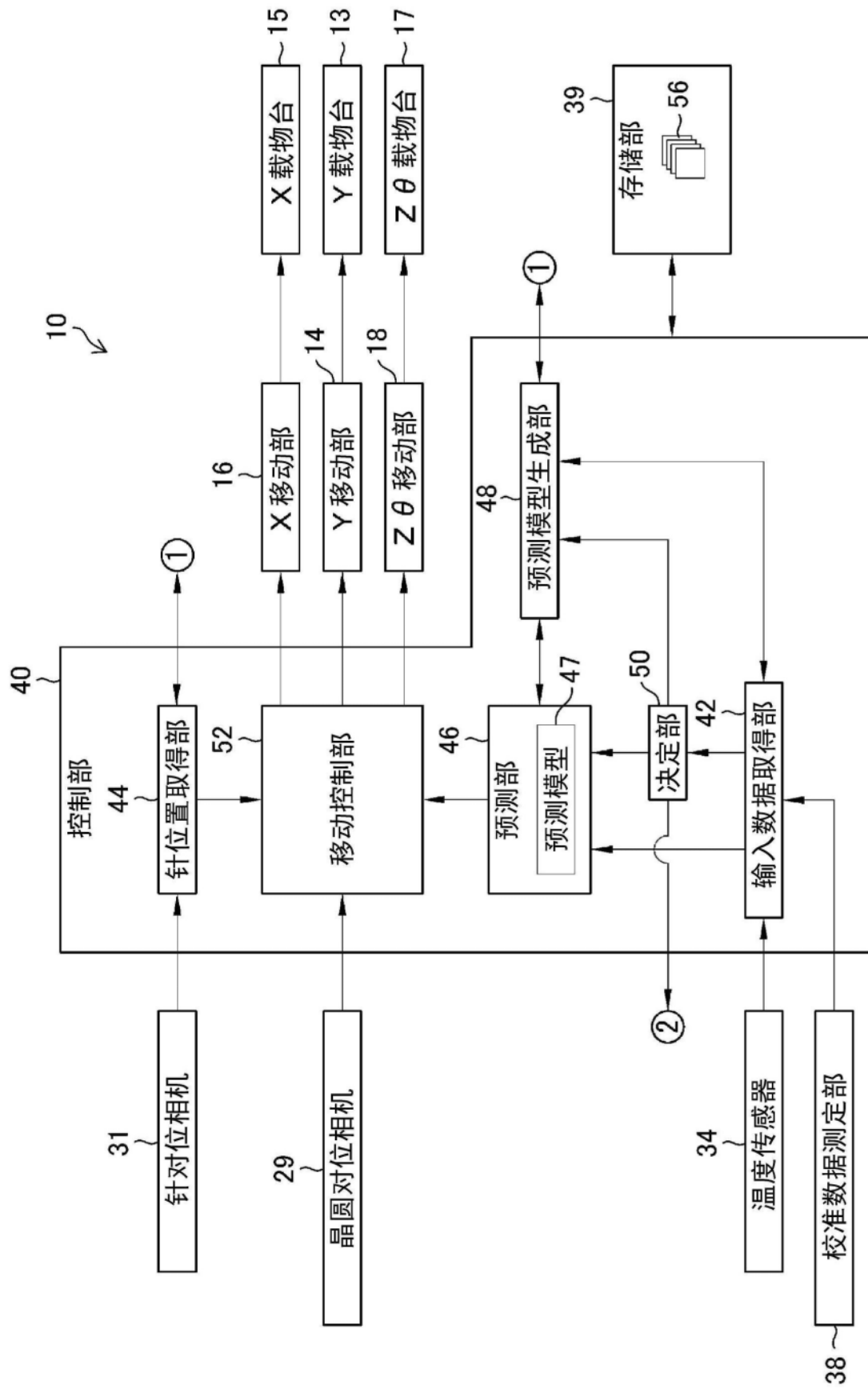


图5

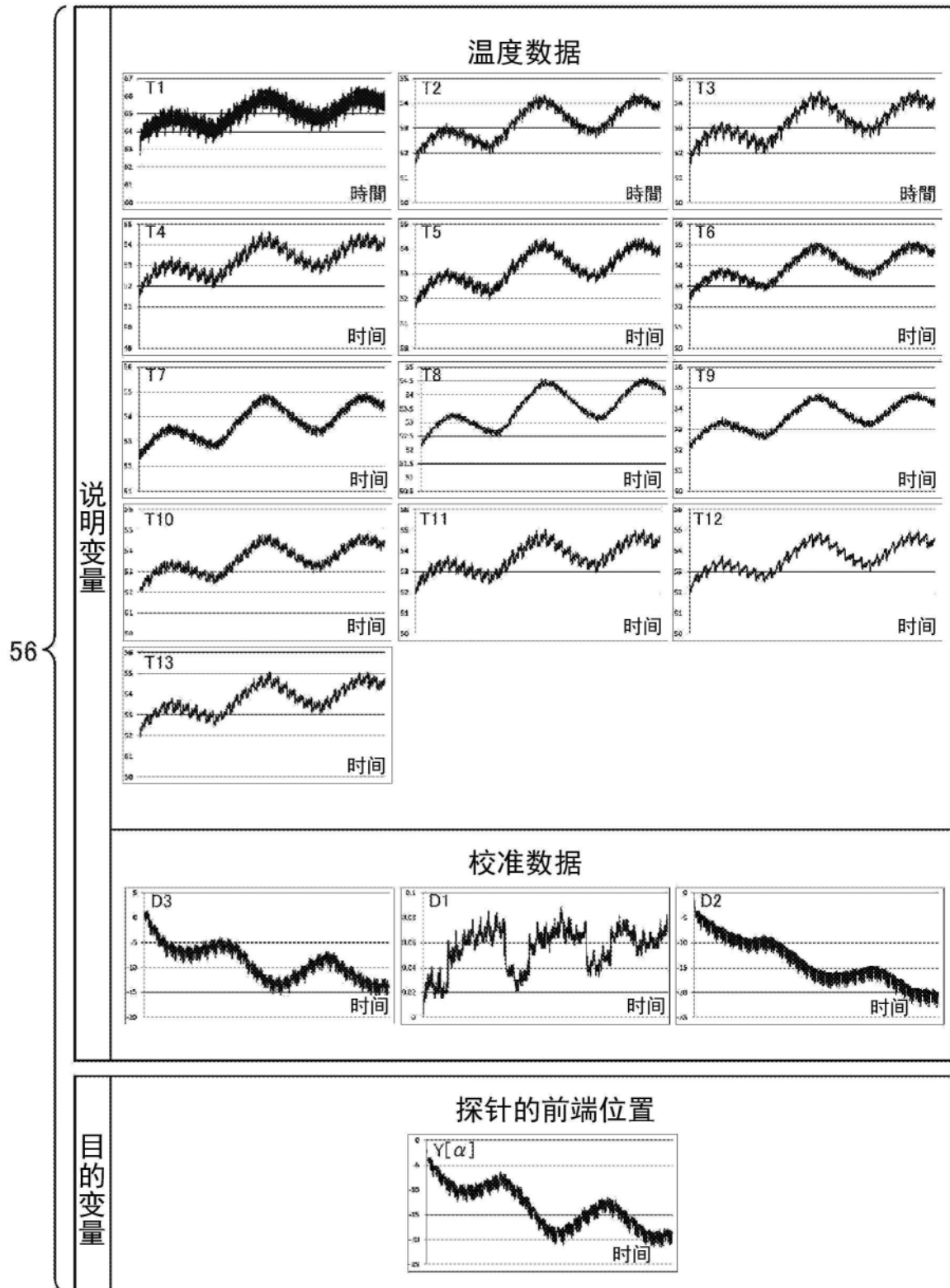


图6

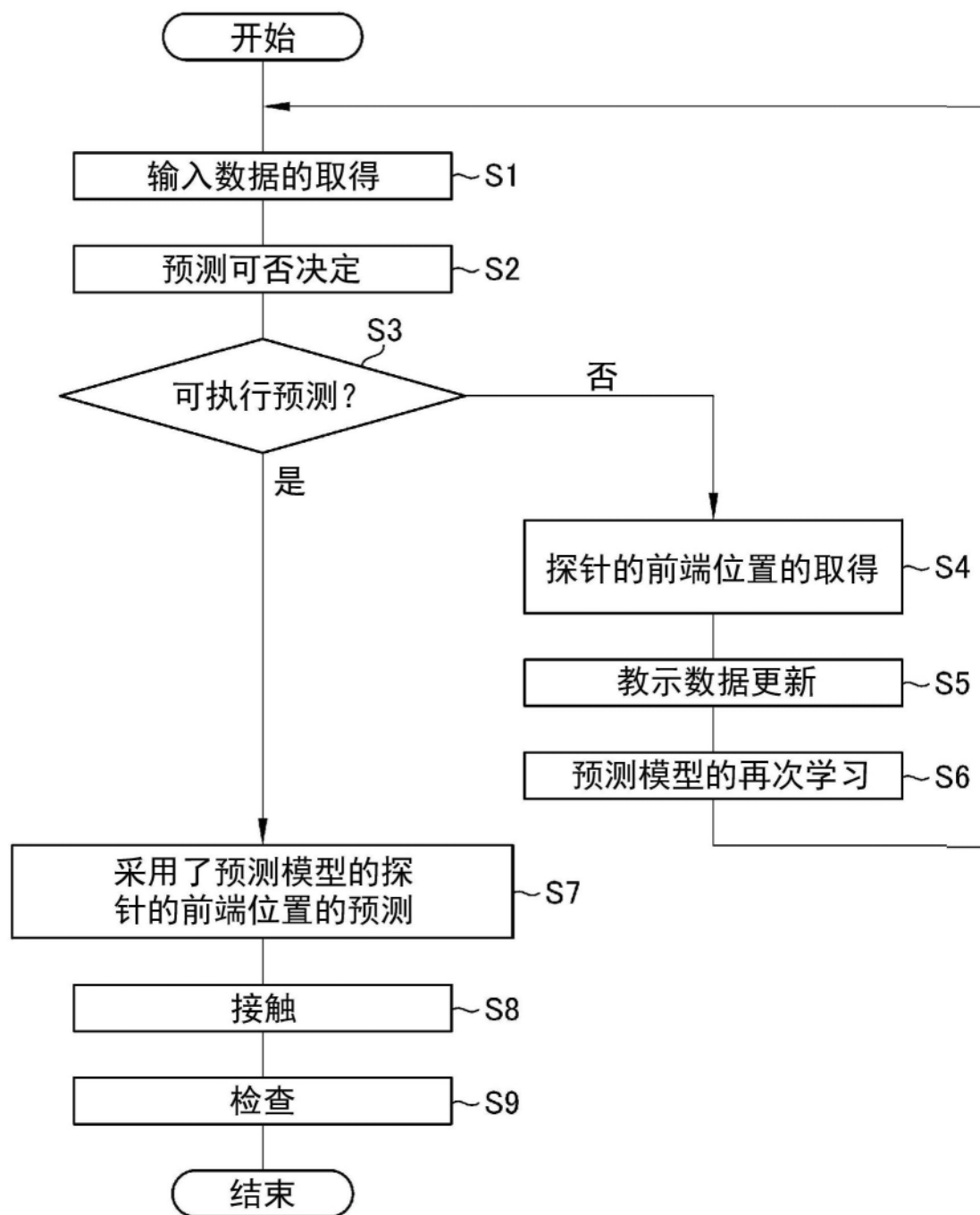


图7

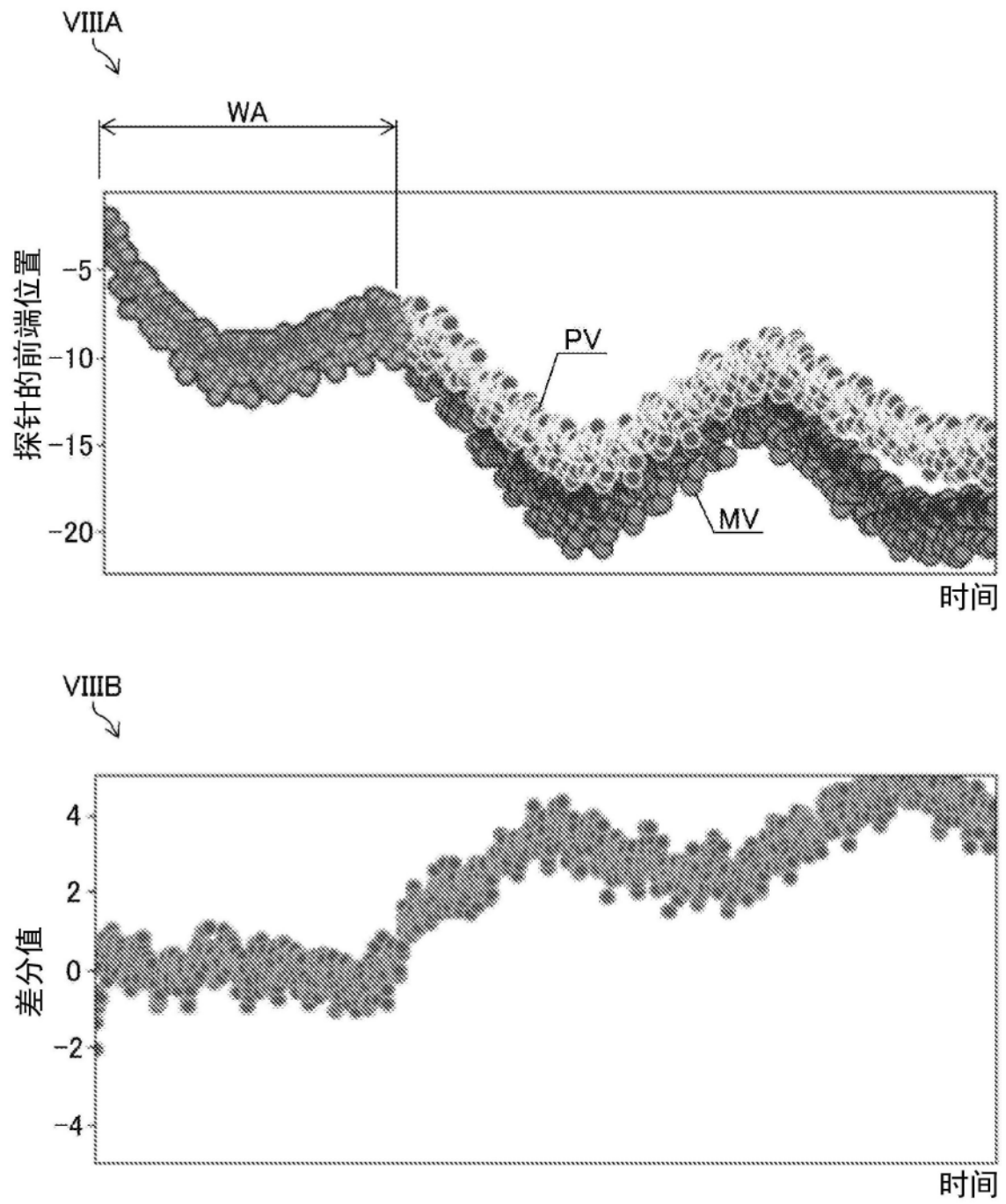


图8

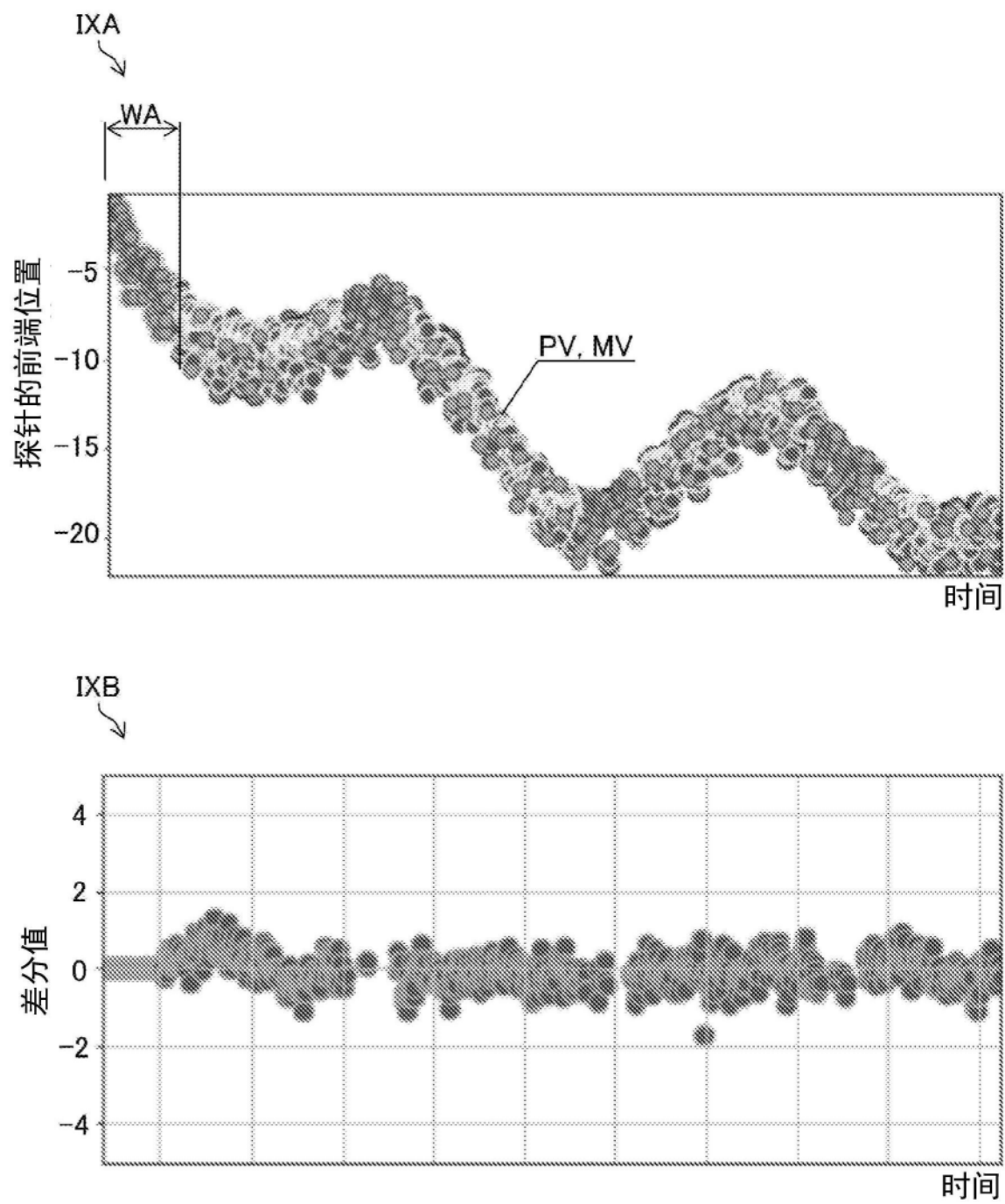


图9