



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112936090 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 22

(21) 申请号 202011422501.0

(22) 申请日 2020.12.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112936090 A

(43) 申请公布日 2021.06.11

(30) 优先权数据
2019-222892 2019.12.10 JP

(73) 专利权人 株式会社荏原制作所
地址 日本国东京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 发明人 八木圭太 盐川阳一 佐佐木俊光
渡边夕贵 纳齐格塔·查汗

(74) 专利代理机构 上海华诚知识产权代理有限公司 31300

专利代理师 张丽颖

(51) Int.Cl.

B24B 37/10 (2012.01)

B24B 49/12 (2006.01)

B24B 37/005 (2012.01)

B24B 57/02 (2006.01)

H01L 21/66 (2006.01)

G06F 18/23 (2023.01)

G06N 3/0499 (2023.01)

G06N 3/088 (2023.01)

G06V 10/762 (2022.01)

(56) 对比文件

CN 106457507 A, 2017.02.22

US 2011275167 A1, 2011.11.10

US 2015332943 A1, 2015.11.19

审查员 于青令

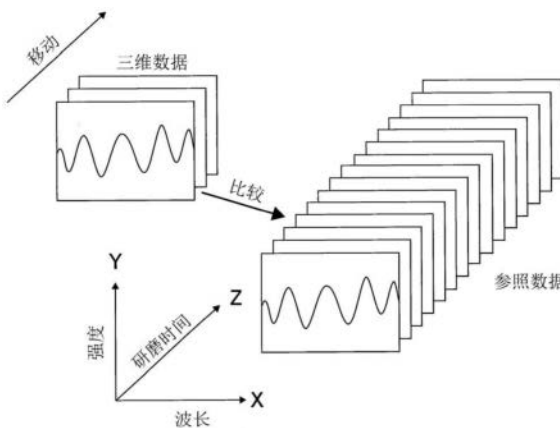
权利要求书3页 说明书17页 附图19页

(54) 发明名称

研磨方法及研磨装置

(57) 摘要

提供一种基板的研磨方法及研磨装置,其能够降低来自晶片等基板的反射光的光谱的波动的影响,决定正确的膜厚。研磨装置包括:将基板按压于进行旋转的研磨台上的研磨垫而对该基板的表面进行研磨,每当所述研磨台旋转一圈,生成来自所述基板的表面的反射光的光谱,编制由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据,根据所述三维数据决定所述基板的膜厚的工序。



1. 一种研磨方法,其特征在于:

将基板按压于进行旋转的研磨台上的研磨垫而对该基板的表面进行研磨,
每当所述研磨台旋转一圈,生成来自所述基板的表面的反射光的光谱,
将所述研磨台旋转了多圈时生成的多个光谱沿研磨时间排列,从而编制由所述多个光谱构成的三维数据,

将所述三维数据与参照数据比较,
决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置,
决定与决定了的所述位置对应的研磨时间,并决定与决定了的所述研磨时间相关联的膜厚,

所述参照数据由沿研磨时间轴排列的多个参照光谱构成,所述研磨时间轴上的各研磨时间与膜厚预先相关联。

2. 如权利要求1所述的研磨方法,其特征在于,

将所述三维数据与所述参照数据比较的工序,是算出所述三维数据中包含的所述多个光谱与所述参照数据中包含的多个参照光谱之差的工序,

决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置的工序,是决定所述差为最小的所述参照数据内的数据区域的位置的工序。

3. 如权利要求1或2所述的研磨方法,其特征在于,

所述研磨方法还包括从多个参照数据选择包括与在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据最一致的数据区域的所述参照数据的工序,

所述多个参照数据分别包括对预先准备的多个参照基板中的一个进行研磨时生成的多个参照光谱。

4. 如权利要求1所述的研磨方法,其特征在于,

决定所述基板的膜厚的工序包括以下工序:
将所述参照数据和所述三维数据分别变换成参照图像和二维图像,
决定与所述二维图像最一致的所述参照图像内的图像区域的位置,
决定与决定了的所述位置对应的研磨时间,并决定与决定了的所述研磨时间相关联的膜厚。

5. 如权利要求4所述的研磨方法,其特征在于,

所述研磨方法还包括以下工序:
将包括对预先准备的多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个参照数据变换成多个参照图像,

将在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据变换成初期二维图像,
从所述多个参照图像选择包括与所述初期二维图像最一致的图像区域的所述参照图像。

6. 一种研磨方法,其特征在于:

将基板按压于进行旋转的研磨台上的研磨垫而对该基板的表面进行研磨,
每当所述研磨台旋转一圈,生成来自所述基板的表面的反射光的光谱,
将所述研磨台旋转了多圈时生成的多个光谱沿研磨时间排列,从而编制由所述多个光谱构成的三维数据,

将所述三维数据输入根据人工智能的算法构筑的膜厚计算模型，
从所述膜厚计算模型输出所述基板的膜厚。

7. 如权利要求6所述的研磨方法，其特征在于，

所述膜厚计算模型是用训练用数据组构筑的学习完成模型，该训练用数据组包括多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合，
所述多个训练用三维数据分别由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

8. 如权利要求7所述的研磨方法，其特征在于，

所述膜厚计算模型是如下构筑的学习完成模型：

编制分别包括对多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个训练用三维数据，

将所述多个训练用三维数据根据聚类的算法分为多个群，

将对测试基板进行研磨时生成的多个光谱沿研磨时间排列而编制测试三维数据，

从所述多个群选择包括与所述测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群，

用训练用数据组构筑学习完成模型，该训练用数据组包括属于选择了的所述群的多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合。

9. 一种研磨装置，其特征在于，具备：

研磨台，该研磨台用来支承研磨垫并能够旋转；

研磨头，该研磨头将基板按压于所述研磨垫而对该基板的表面进行研磨；

传感器头，该传感器头配置在所述研磨台内，将光导向所述基板的表面，且接受来自所述基板的表面的反射光；以及

处理系统，该处理系统具有存储装置，该存储装置储存了用于基于三维数据来决定所述基板的膜厚的程序，每当所述研磨台旋转一圈，生成来自所述基板的表面的反射光的光谱，将所述研磨台旋转了多圈时生成的多个光谱沿研磨时间排列，从而编制由所述多个光谱构成的所述三维数据，

所述处理系统被构成为：

将所述三维数据与参照数据比较，

决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置，

决定与决定了的所述位置相关联的膜厚，

所述参照数据由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

10. 如权利要求9所述的研磨装置，其特征在于，

所述处理系统被构成为，算出所述三维数据中包含的所述多个光谱与所述参照数据中包含的多个参照光谱之差，决定所述差为最小的所述参照数据内的数据区域的位置。

11. 如权利要求9或10所述的研磨装置，其特征在于，

所述处理系统被构成为，从多个参照数据选择包括与在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据最一致的数据区域的所述参照数据，

所述多个参照数据分别包括对预先准备的多个参照基板中的一个进行研磨时生成的多个参照光谱。

12. 如权利要求9所述的研磨装置，其特征在于，

所述处理系统被构成为，将所述参照数据和所述三维数据分别变换成参照图像和二维

图像,决定与所述二维图像最一致的所述参照图像内的图像区域的位置,决定与决定了的所述位置相关联的膜厚。

13. 如权利要求12所述的研磨装置,其特征在于,

所述处理系统被构成为:

将包括对预先准备的多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个参照数据变换成多个参照图像,

将在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据变换成初期二维图像,

从所述多个参照图像选择包括与所述初期二维图像最一致的图像区域的所述参照图像。

14. 一种研磨装置,其特征在于,具备:

研磨台,该研磨台用来支承研磨垫并能够旋转;

研磨头,该研磨头将基板按压于所述研磨垫而对该基板的表面进行研磨;

传感器头,该传感器头配置在所述研磨台内,将光导向所述基板的表面,且接受来自所述基板的表面的反射光;以及

处理系统,该处理系统具有存储装置,该存储装置储存了用于基于三维数据来决定所述基板的膜厚的程序,每当所述研磨台旋转一圈,生成来自所述基板的表面的反射光的光谱,将所述研磨台旋转了多圈时生成的多个光谱沿研磨时间排列,从而编制由所述多个光谱构成的所述三维数据,

在所述存储装置中存储有根据人工智能的算法构筑的膜厚计算模型,

所述处理系统被构成为,将所述三维数据输入所述膜厚计算模型,从所述膜厚计算模型输出膜厚。

15. 如权利要求14所述的研磨装置,其特征在于,

所述膜厚计算模型是用训练用数据组构筑的学习完成模型,该训练用数据组包括多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合,

所述多个训练用三维数据分别由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

16. 如权利要求14所述的研磨装置,其特征在于,

所述膜厚计算模型是如下构筑的学习完成模型:

编制分别包括对多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个训练用三维数据,

将所述多个训练用三维数据根据聚类的算法分为多个群,

将对测试基板进行研磨时生成的多个光谱沿研磨时间排列而编制测试三维数据,

从所述多个群选择包括与所述测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群,

用训练用数据组构筑学习完成模型,该训练用数据组包括属于选择了的所述群的多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合。

研磨方法及研磨装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种对晶片等的基板进行研磨的研磨方法及研磨装置,尤其涉及根据包括来自基板的反射光的光学信息决定膜厚的技术。

背景技术

[0002] 在半导体器件的制造工序中,在硅晶片上将各种材料反复形成膜状,而形成层叠构造。为了形成此层叠构造,使最上层的表面平坦的技术很重要。作为这样的平坦化的一个技术手段,使用化学机械研磨(CMP)。

[0003] 化学机械研磨(CMP)通过研磨装置执行。这种研磨装置,一般情况具备支承研磨垫的研磨台、保持基板(例如,具有膜的晶片)的研磨头以及将研磨液(例如浆料)向研磨垫上供给的研磨液供给喷嘴。当对基板进行研磨时,一面从研磨液供给喷嘴将研磨液向研磨垫上供给,一面通过研磨头将基板的表面按压到研磨垫。通过使研磨头和研磨台分别旋转而使基板与研磨垫相对移动,从而对形成基板的表面的膜进行研磨。

[0004] 为了测定绝缘膜、硅层等的非金属膜的厚度,研磨装置一般情况具备光学式膜厚测定装置。此光学式膜厚测定装置被构成为,通过将光源发出的光导向基板的表面,对来自基板的反射光的光谱进行解析,从而决定基板的膜厚。

[0005] 图22是说明根据反射光的光谱决定膜厚的现有的方法的一例的图。光学式膜厚测定装置,在基板的研磨中用分光器测定来自基板的反射光的强度,生成反射光的光谱。光谱以表示反射光的强度与反射光的波长的关系的曲线图来表示。光学式膜厚测定装置将反射光的光谱与多个参照光谱进行比较,决定与反射光的光谱的形状最接近的一个参照光谱。具体来说,光学式膜厚测定装置将反射光的光谱与各参照光谱之差算出,决定算出的差为最小的参照光谱。并且,光学式膜厚测定装置决定与所决定的参照光谱相关联的膜厚。

[0006] 将取得各参照光谱时的膜厚预先与该各参照光谱相关联。即,各参照光谱是在不同的膜厚时取得的,多个参照光谱对应多个不同的膜厚。因此,通过对反射光的光谱确定形状最接近的参照光谱,可以决定研磨中的基板的当前的膜厚。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开平5—128256号公报

[0010] 专利文献2:日本特开平5—342310号公报

[0011] 专利文献3:日本特开2006—254226号公报

[0012] 发明要解决的课题

[0013] 但是,在基板的研磨中得到的光谱,因种种原因容易产生波动。例如,由于干扰(浆料、电噪音、光学噪音等)、图形构造的不同,膜的基底构造的不同等,在研磨中得到的反射光的光谱有时会发生较大变化。为此,根据光谱决定的膜厚有时会与实际的膜厚大为不同。

发明内容

[0014] 于是,本发明提供一种基板的研磨方法及研磨装置,其能够降低来自晶片等的基板的反射光的光谱的波动的影响,决定正确的膜厚。

[0015] 用于解决课题的技术手段

[0016] 在一个形态中,提供一种研磨方法,将基板按压于进行旋转的研磨台上的研磨垫而对该基板的表面进行研磨,每当所述研磨台旋转一圈,生成来自所述基板的表面的反射光的光谱,编制由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据,根据所述三维数据决定所述基板的膜厚。

[0017] 在一个形态中,决定所述基板的膜厚的工序包括:将所述三维数据与参照数据比较,决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置,决定与决定了的所述位置相关联的膜厚的工序,所述参照数据由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

[0018] 在一个形态中,将所述三维数据与所述参照数据比较的工序,是算出所述三维数据中包含的所述多个光谱与所述参照数据中包含的多个参照光谱之差的工序,决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置的工序,是决定所述差为最小的所述参照数据内的数据区域的位置的工序。

[0019] 在一个形态中,所述研磨方法还包括从多个参照数据选择包括与在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据最一致的数据区域的所述参照数据的工序,所述多个参照数据分别包括对预先准备的多个参照基板中的一个进行研磨时生成的多个参照光谱。

[0020] 在一个形态中,决定所述基板的膜厚的工序包括:将所述参照数据和所述三维数据分别变换成参照图像和二维图像,决定与所述二维图像最一致的所述参照图像内的图像区域的位置,决定与决定了的所述位置相关联的膜厚的工序。

[0021] 在一个形态中,所述研磨方法还包括:将包括对预先准备的多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个参照数据变换成多个参照图像,将在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据变换成初期二维图像,从所述多个参照图像选择包括与所述初期二维图像最一致的图像区域的所述参照图像的工序。

[0022] 在一个形态中,决定所述基板的膜厚的工序包括:将所述三维数据输入根据人工智能的算法构筑的膜厚计算模型,从所述膜厚计算模型输出膜厚的工序。

[0023] 在一个形态中,所述膜厚计算模型是用训练用数据组构筑的学习完成模型,该训练用数据组包括多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合,所述多个训练用三维数据分别由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

[0024] 在一个形态中,所述膜厚计算模型是如下构筑的学习完成模型:编制分别包括对多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个训练用三维数据,将所述多个训练用三维数据根据聚类的算法分为多个群,将对测试基板进行研磨时生成的多个光谱沿研磨时间排列而编制测试三维数据,从所述多个群选择包括与所述测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群,用训练用数据组构筑学习完成模型,该训练用数据组包括属于选择了的所述群的多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合。

[0025] 在一个形态中,提供一种研磨装置,具备:研磨台,该研磨台用来支承研磨垫并能够旋转;研磨头,该研磨头将基板按压于所述研磨垫而对该基板的表面进行研磨;传感器

头,该传感器头配置在所述研磨台内,将光导向所述基板的表面,且接受来自所述基板的表面的反射光;以及处理系统,该处理系统具有存储装置,该存储装置储存了用来生成所述反射光的光谱,编制由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据,根据所述三维数据决定所述基板的膜厚的程序。

[0026] 在一个形态中,所述处理系统被构成为:将所述三维数据与参照数据比较,决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置,决定与决定了的所述位置相关联的膜厚,所述参照数据由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

[0027] 在一个形态中,所述处理系统被构成为,算出所述三维数据中包含的所述多个光谱与所述参照数据中包含的多个参照光谱之差,决定所述差为最小的所述参照数据内的数据区域的位置。

[0028] 在一个形态中,所述处理系统被构成为,从多个参照数据选择包括与在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据最一致的数据区域的所述参照数据,所述多个参照数据分别包括对预先准备的多个参照基板中的一个进行研磨时生成的多个参照光谱。

[0029] 在一个形态中,所述处理系统被构成为,将所述参照数据和所述三维数据分别变换成参照图像和二维图像,决定与所述二维图像最一致的所述参照图像内的图像区域的位置,决定与决定了的所述位置相关联的膜厚。

[0030] 在一个形态中,所述处理系统被构成为:将包括对预先准备的多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个参照数据变换成多个参照图像,将在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据变换成初期二维图像,从所述多个参照图像选择包括与所述初期二维图像最一致的图像区域的所述参照图像。

[0031] 在一个形态中,在所述存储装置中存储有根据人工智能的算法构筑的膜厚计算模型,所述处理系统被构成为,将所述三维数据输入所述膜厚计算模型,从所述膜厚计算模型输出膜厚。

[0032] 在一个形态中,所述膜厚计算模型是用训练用数据组构筑的学习完成模型,该训练用数据组包括多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合,所述多个训练用三维数据分别由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

[0033] 在一个形态中,所述膜厚计算模型是如下构筑的学习完成模型:编制分别包括对多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个训练用三维数据,将所述多个训练用三维数据根据聚类的算法分为多个群,将对测试基板进行研磨时生成的多个光谱沿研磨时间排列而编制测试三维数据,从所述多个群选择包括与所述测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群,用训练用数据组构筑学习完成模型,该训练用数据组包括属于选择了的所述群的多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合。

[0034] 在一个形态中,提供一种计算机可读的记录介质,该计算机可读的记录介质记录了程序,该程序用来在基板的研磨中使计算机执行:根据来自该基板的反射光的强度测定数据生成多个光谱的步骤、通过将所述多个光谱沿研磨时间排列而编制三维数据的步骤、以及根据所述三维数据决定所述基板的膜厚的步骤。

[0035] 在一个形态中,决定所述基板的膜厚的步骤包括:将所述三维数据与参照数据比较的步骤、决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置的步骤、以及

决定与决定了的所述位置相关联的膜厚的步骤,所述参照数据由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

[0036] 在一个形态中,将所述三维数据与所述参照数据比较的步骤,是算出所述三维数据中包含的所述多个光谱与所述参照数据中包含的多个参照光谱之差的步骤,决定与所述三维数据最一致的所述参照数据内的数据区域的位置的步骤,是决定所述差为最小的所述参照数据内的数据区域的位置的步骤。

[0037] 在一个形态中,所述程序被构成为进一步使所述计算机执行从多个参照数据选择包括与在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据最一致的数据区域的所述参照数据的步骤,所述多个参照数据分别包括对预先准备的多个参照基板中的一个进行研磨时生成的多个参照光谱。

[0038] 在一个形态中,决定所述基板的膜厚的步骤包括:将所述参照数据和所述三维数据分别变换成参照图像和二维图像的步骤、决定与所述二维图像最一致的所述参照图像内的图像区域的位置的步骤、以及决定关于决定了的所述位置相关联的膜厚的步骤。

[0039] 在一个形态中,所述程序被构成为进一步使所述计算机执行:将包括对预先准备的多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个参照数据变换成多个参照图像的步骤、将在所述基板的研磨初期编制的初期三维数据变换成初期二维图像的步骤、以及从所述多个参照图像选择包括与所述初期二维图像最一致的图像区域的所述参照图像的步骤。

[0040] 在一个形态中,决定所述基板的膜厚的步骤包括将所述三维数据输入根据人工智能的算法构筑的膜厚计算模型的步骤,和从所述膜厚计算模型输出膜厚的步骤。

[0041] 在一个形态中,所述膜厚计算模型是用训练用数据组构筑的学习完成模型,该训练用数据组包括多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合,所述多个训练用三维数据分别由沿研磨时间排列的多个参照光谱构成。

[0042] 在一个形态中,所述膜厚计算模型是如下构筑的学习完成模型:编制分别包括对多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个训练用三维数据,将所述多个训练用三维数据根据聚类的算法分为多个群,将对测试基板进行研磨时生成的多个光谱沿研磨时间排列而编制测试三维数据,从所述多个群选择包括与所述测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群,用训练用数据组构筑构筑学习完成模型,该训练用数据组包括属于选择了的所述群的多个训练用三维数据与分别和所述多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合。

[0043] 发明效果

[0044] 根据本发明,基板的膜厚不是根据由一个光谱构成的三维数据来决定,而是根据由时间序列的多个光谱构成的三维数据来决定。因此,假设即使在三维数据中包括形状大为不同的光谱,也可以降低这样的光谱对膜厚的决定造成的影响。结果,可以正确决定基板的膜厚。

附图说明

[0045] 图1是表示研磨装置的一个实施方式的示意图。

[0046] 图2是表示由处理系统生成的光谱的一例的图。

- [0047] 图3(a) ~ 图3(c) 是表示处理系统的例子的示意图。
- [0048] 图4是表示图1所示的研磨装置的详细结构的一个实施方式的截面图。
- [0049] 图5是用来说明光学式膜厚测定装置的原理的示意图。
- [0050] 图6是表示基板与研磨台的位置关系的俯视图。
- [0051] 图7是表示由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据的一例的图。
- [0052] 图8是表示参照数据的一例的图。
- [0053] 图9是说明将三维数据与参照数据比较的工序的图。
- [0054] 图10是表示与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置的图。
- [0055] 图11是说明本实施方式的膜厚决定的方法的流程图。
- [0056] 图12是表示用下层构造不同的多个参照基板编制的多个参照数据的图。
- [0057] 图13是表示从三维数据变换成二维图像的工序的图。
- [0058] 图14是表示从参照数据变换成参照图像的工序的图。
- [0059] 图15是说明将二维图像与参照图像比较的工序的图。
- [0060] 图16是表示与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置的图。
- [0061] 图17是说明本实施方式的膜厚决定的方法的流程图。
- [0062] 图18是表示膜厚计算模型的一例的示意图。
- [0063] 图19是说明根据参照数据编制训练用数据组的一例的图。
- [0064] 图20是说明本实施方式的膜厚决定的方法的流程图。
- [0065] 图21是说明将多个训练用三维数据根据聚类的算法分为多个群的工序的图。
- [0066] 图22是说明由反射光的光谱决定膜厚的现有的方法的一例的图。

具体实施方式

[0067] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0068] 图1是表示研磨装置的一个实施方式的示意图。图1所示,研磨装置具备:支承研磨垫2的研磨台3、将晶片等的基板W向研磨垫2按压的研磨头1、使研磨台3旋转的研磨台马达6以及用来向研磨垫2上供给浆料等研磨液的研磨液供给喷嘴5。研磨垫2的上表面构成对基板W进行研磨的研磨面2a。

[0069] 研磨头1与头轴10连结,头轴10与未图示的研磨头马达连结。研磨头马达使研磨头1与头轴10一起向箭头所示方向旋转。研磨台3与研磨台马达6连结,研磨台马达6以使研磨台3和研磨垫2向箭头所示方向旋转的方式构成。

[0070] 基板W按如下所示被研磨。一面使研磨台3和研磨头1向图1的箭头所示方向旋转,一面从研磨液供给喷嘴5将研磨液向研磨台3上的研磨垫2的研磨面2a供给。在基板W通过研磨头1旋转的同时,在研磨液存在于研磨垫2上的状态下基板W被研磨头1按压于研磨垫2的研磨面2a。基板W的表面通过研磨液的化学作用和研磨液中包含的磨粒的机械作用而被研磨。

[0071] 研磨装置具备决定基板W的膜厚的光学式膜厚测定装置40。光学式膜厚测定装置40具备发光的光源44、分光器47、与光源44和分光器47连结的光学传感器头7、与分光器47连结的处理系统49。光学传感器头7、光源44、及分光器47安装在研磨台3,与研磨台3和研磨垫2一起一体地旋转。光学传感器头7的位置位于研磨台3和研磨垫2每旋转一圈时横穿研磨

垫2上的基板W的表面的位置。

[0072] 处理系统49具备存储用来执行后述的光谱的生成及基板W的膜厚决定的程序的存储装置49a,和根据程序中包含的指令执行运算的处理装置49b。处理系统49由至少一台计算机构成。存储装置49a具备RAM等主存储装置、硬盘驱动器(HDD)、软盘驱动器(SSD)等辅助存储装置。作为处理装置49b的例子,可列举CPU(中央处理装置)、GPU(图形处理单元)。但是,处理系统49的具体结构不限于这些例子。

[0073] 从光源44发出的光传递到光学传感器头7,从光学传感器头7引导到基板W的表面。光被基板W的表面反射,来自基板W的表面的反射光被光学传感器头7接受,被送往分光器47。分光器47将反射光根据波长进行分解,测定各波长的反射光的强度。反射光的强度测定数据被送往处理系统49。

[0074] 处理系统49被构成为根据来自反射光的强度测定数据生成反射光的光谱。反射光的光谱作为表示反射光的波长与强度的关系的曲线图(即分光波形)来表示。反射光的强度也可以作为反射率或相对反射率等相对值来表示。

[0075] 图2是表示由处理系统49生成的光谱的一例的图。光谱作为表示光的波长与强度的关系的曲线图(即分光波形)来表示。在图2中,横轴表示从基板反射的光的波长,纵轴表示从反射了的光的强度导出的相对反射率。相对反射率是表示反射光的强度的指标值,是光的强度与规定的基准强度之比。通过将各波长中的光的强度(实测强度)除以规定的基准强度,可以从实测强度除去装置的光学系或光源固有的强度的波动等不需要的噪声。

[0076] 基准强度是在各波长预先测定的光的强度,相对反射率在各波长中被算出。具体来说,通过将各波长的光的强度(实测强度)除以对应的基准强度来求出相对反射率。例如,基准强度通过直接测定从光学传感器头7发出的光的强度,或通过将光从光学传感器头7向镜子照射,并测定来自镜子的反射光的强度来获得。或者,基准强度也可以是在将未形成膜的硅基板(裸基板)存在水的情况下在研磨垫2上进行水研磨时、或在将上述硅基板(裸基板)放置在研磨垫2上时由分光器47测定的来自硅基板的反射光的强度。

[0077] 在实际的研磨中,通过从实测强度减去暗电平(日文:ダークレベル,在遮光条件下得到的背景强度)来求得修正实测强度,进而从基准强度减去上述暗电平来求得修正基准强度,并将修正实测强度除以修正基准强度来求得相对反射率。具体来说,相对反射率 $R(\lambda)$ 可以用下式(1)求得。

[0078] (式1)

$$[0079] \quad R(\lambda) = \frac{E(\lambda) - D(\lambda)}{B(\lambda) - D(\lambda)} \quad (1)$$

[0080] 在此, λ 为从基板反射的光的波长, $E(\lambda)$ 是为波长 λ 时的强度, $B(\lambda)$ 是为波长 λ 时的基准强度, $D(\lambda)$ 是在遮光的条件下测定的为波长 λ 时的背景强度(暗电平)。

[0081] 光学传感器头7在研磨台3每旋转一圈时将光导向基板W上的规定的测定点,并接受来自上述规定的测定点的反射光。反射光被送到分光器47。分光器47根据波长将反射光分解,测定各波长的反射光的强度。反射光的强度测定数据被送往处理系统49,根据反射光的强度测定数据生成如图2所示的光谱。在图2所示的例子中,反射光的光谱是表示相对反射率与反射光的波长的关系的分光波形,但是,反射光的光谱也可以是表示反射光的强度本身与反射光的波长的关系的分光波形。

[0082] 此外,如后述那样,处理系统49在研磨台3旋转多次的期间接受从上述规定的测定点返回的反射光的强度测定数据,根据此强度测定数据生成多个光谱,通过将这些多个光谱沿研磨时间排列而编制三维数据。处理系统49被构成为使用三维数据决定基板W的膜厚。

[0083] 如图1所示,处理系统49的存储装置49a具有收容多个参照光谱的数据的数据库60。多个参照光谱是来自以往研磨的多个基板的反射光的光谱,换言之,是对基板W之外的另外的基板进行研磨时生成的反射光的光谱。在以下的说明中,将参照光谱的生成中使用的基板称为参照基板。

[0084] 处理系统49至少由一台计算机构成。所述至少一台计算机也可以是一台服务器或多台服务器。处理系统49可以通过通信线与分光器47连接的边缘服务器,也可以是通过互联网或局域网等通信网络与分光器47连接的云服务器或雾服务器。处理系统49也可以配置在网关、路由器等中。

[0085] 处理系统49可以通过互联网或局域网等通信网络连接的多个服务器。例如,处理系统49可以是边缘服务器与云服务器的组合。在一个实施方式中,数据库60设置在从处理装置49b分离的场所中的数据服务器(未图示)内。

[0086] 图3(a)~图3(c)是表示处理系统49的例子的示意图。图3(a)表示处理系统49的整体作为配置在设有研磨台3和研磨头1的工厂内的控制器进行设置的例子。在此例中,处理系统49与研磨台3和研磨头1一起构成一个装置。

[0087] 图3(b)表示处理系统49在配置在工厂内的雾服务器500内进行设置的例子。雾服务器500通过网关400与分光器47连接。作为网关400的例子,可列举路由器等通信连接设备。网关400可以通过有线与分光器47及/或雾服务器500连接,或也可以通过无线与分光器47及/或雾服务器500连接。在一个实施方式中,处理系统49可以设于网关400内。处理系统49配置在网关400内的实施方式适用于对从分光器47发送的反射光的强度测定数据进行高速处理的场合。另一方面,处理系统49配置在雾服务器500内的实施方式适用于不需要进行高速处理的场合。在一个实施方式中,构成处理系统49的多个计算机也可以设于网关400和雾服务器500的双方。

[0088] 图3(c)表示处理系统49设于被配置在工厂外的云服务器600内的例子。云服务器600经雾服务器500及网关400与分光器47连接。没有雾服务器500也可以。在图3(c)所示的实施方式中,多个研磨装置由通信网络与云服务器600连接,适合处理系统49对大量的数据进行处理的情况。

[0089] 回到图1,处理系统49与用来控制基板W的研磨动作的研磨控制部9连接。此研磨控制部9根据由处理系统49决定的基板W的膜厚对基板W的研磨动作进行控制。例如,研磨控制部9被构成为决定作为基板W的膜厚达到目标膜厚时间点的研磨终点、或在基板W的膜厚达到规定的值时变更基板W的研磨条件。

[0090] 图4是表示图1所示的研磨装置的详细结构的一个实施方式的截面图。头轴10借助带等连结构件17与研磨头马达18连结而被旋转。通过此头轴10的旋转,研磨头1向箭头所示方向旋转。

[0091] 分光器47具备光检测器48。在一个实施方式中,光检测器48由光电二极管、CCD、或CMOS等构成。光学传感器头7与光源44及光检测器48光学地连结。光检测器48与处理系统49电连接。

[0092] 光学式膜厚测定装置40具备将从光源44发出的光向基板W的表面引导的投光用光纤光缆31,和接受来自基板W的反射光并将反射光送到分光器47的受光用光纤光缆32。投光用光纤光缆31的顶端和受光用光纤光缆32的顶端位于研磨台3内。

[0093] 投光用光纤光缆31的顶端和受光用光纤光缆32的顶端由将光导向基板W的表面且接受来自基板W的反射光的光学传感器头7构成。投光用光纤光缆31的另一端与光源44连接,受光用光纤光缆32的另一端与分光器47连接。分光器47被构成为将来自基板W的反射光根据波长分解,跨规定的波长范围测定反射光的强度。

[0094] 光源44将光通过投光用光纤光缆31送往光学传感器头7,光学传感器头7向基板W进行发光。光学传感器头7接受来自基板W的反射光,通过受光用光纤光缆32送到分光器47。分光器47根据其波长将反射光分解,测定各波长的反射光的强度。分光器47将反射光的强度测定数据送往处理系统49。处理系统49根据反射光的强度测定数据生成反射光的光谱。

[0095] 研磨台3具有在其上表面开口的第一孔50A及第二孔50B。并且,于研磨垫2上在与这些孔50A、50B对应的位置形成通孔51。孔50A、50B与通孔51连通,通孔51在研磨面2a开口。第一孔50A与液体供给线路53连结,第二孔50B与冷凝水线路54连结。由投光用光纤光缆31的顶端和受光用光纤光缆32的顶端构成的光学传感器头7配置于第一孔50A内配置,且位于通孔51的下方。

[0096] 在基板W的研磨中,纯水作为洗涤液借助液体供给线路53向第一孔50A供给,进而穿过第一孔50A向通孔51。纯水充满基板W的表面(被研磨面)与光学传感器头7之间的空间。纯水流入第二孔50B,通过冷凝水线路54被排出。在第一孔50A及通孔51内流动的纯水防止了研磨液侵入第一孔50A,由此确保了光路。

[0097] 投光用光纤光缆31是将由光源44发出的光引导到基板W的表面的光传送部。投光用光纤光缆31和受光用光纤光缆32的顶端位于第一孔50A内,且位于基板W的被研磨面的附近。由投光用光纤光缆31和受光用光纤光缆32的各顶端构成的光学传感器头7朝着被研磨头1保持的基板W配置,每当研磨台3旋转时向基板W的规定的测定点照射光。在本实施方式中,在研磨台3内仅设有一个光学传感器头7,但也可以在研磨台3内设置多个光学传感器头7。

[0098] 图5是用来说明光学式膜厚测定装置40的原理的示意图,图6是表示基板W与研磨台3的位置关系的俯视图。在图5所示的例子中,基板W具有下层膜,和形成在下层膜上的上层膜。上层膜例如为硅层或绝缘膜。由投光用光纤光缆31和受光用光纤光缆32的各顶端构成的光学传感器头7与基板W的表面相对地配置。光学传感器头7每当研磨台3旋转一圈时向基板W的表面照射光。

[0099] 照射到基板W的光被介质(图5的例子中为水)与上层膜的界面、及上层膜与下层膜的界面反射,被这些界面反射的光的波相互干涉。此光的波的干涉的方式与上层膜的厚度(即光路长度)相应地变化。为此,从来自基板W的反射光生成的光谱根据上层膜的厚度而变化。

[0100] 在基板W的研磨中,研磨台3每旋转一圈,光学传感器头7横穿基板W地移动。当光学传感器头7处于基板W的下方时,光源44发光。光从光学传感器头7被导向基板W的表面(被研磨面),来自基板W的反射光被光学传感器头7接受,送到分光器47。分光器47遍及规定的波长范围测定各波长的反射光的强度,将反射光的强度测定数据送到处理系统49。处理系统

49根据强度测定数据生成表示每个波长的光的强度的反射光的光谱。

[0101] 接着,对处理系统49决定基板W的膜厚的工序进行说明。基板W上的某测定点处的膜厚,根据来自该测定点的反射光的光谱而被决定。在本实施方式中,为了决定基板W上的测定点处的当前的膜厚,使用在该测定点取得的时间序列的多个光谱。即,光学传感器头7在研磨台3每旋转一圈时,将光引导到基板W上的规定的测定点,接受来自上述规定的测定点的反射光。分光器47根据波长将反射光分解,测定各波长的反射光的强度。反射光的强度测定数据被送往处理系统49,处理系统49根据反射光的强度测定数据生成光谱。

[0102] 研磨台3每次旋转时反复进行光向基板W的照射、反射光的接受、反射光的强度的测定、及光谱的生成。处理系统49在研磨台3旋转了多次时根据从上述规定的测定点返回的反射光的强度测定数据生成多个光谱,通过将这些多个光谱沿研磨时间排列而编制三维数据。构成三维数据的多个光谱至少包括邻近的多个光谱。这是由于要决定基板W的当前的膜厚。

[0103] 图7是表示由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据的一例的图。此三维数据是表示研磨时间、反射光的波长、反射光的强度(例如相对反射率)的关系的数据。图7的X轴是表示反射光的波长的波长轴,Y轴是表示反射光的强度的强度轴,Z轴是表示研磨时间的研磨时间轴。在图7中,三维数据通过XYZ坐标系上的立体的曲线图来表示。

[0104] 三维数据具有图2所示的光谱沿研磨时间排列的构造。由于光谱的形状随基板W的膜厚而变化,因此沿研磨时间排列的光谱的形状一点一点地不同。因此,三维数据的整体也随基板W的膜厚而变化。虽然构成三维数据的光谱的数量不做特别限定,但在一个例子中,由五个~十个光谱构成三维数据。

[0105] 处理系统49从数据库60中储存的多个参照数据选择一个参照数据,将三维数据与参照数据比较。图8是表示参照数据的一例的图。参照数据与三维数据同样是表示研磨时间、反射光的波长、反射光的强度(例如相对反射率)的关系的数据。图8的X轴是表示反射光的波长的波长轴,Y轴是表示反射光的强度的强度轴,Z轴是表示研磨时间的研磨时间轴。在图8中,反射光的强度用等值线表示。在图8中,参照数据由XYZ坐标系上的立体的曲线图表示。

[0106] 一面在研磨垫上对参照基板进行研磨,一面从光学传感器头7将光引导到参照基板的上述规定的测定点,由光学传感器头7接受来自参照基板的上述规定的测定点的反射光,由分光器47测定每个波长的反射光的强度测,根据取得的强度测定数据生成光谱,通过将生成的光谱沿研磨时间排列从而编制各参照数据。在以下的说明中,将构成参照数据的光谱称作参照光谱。

[0107] 处理系统49将三维数据与参照数据比较。更为具体来说,处理系统49将三维数据与参照数据叠加,算出三维数据中包含的多个光谱与在参照数据内跟三维数据重叠的数据区域中包含的多个参照光谱之差。上述差是三维数据中包含的多个光谱上的强度与对应的多个参照光谱上的强度之差。

[0108] 图9是对三维数据与参照数据比较的工序进行说明的图。处理系统49一面将三维数据沿参照数据的研磨时间轴一点一点移动,一面算出上述差。差作为绝对值来表示。即,处理系统49一面将三维数据沿研磨时间轴一点一点移动,处理系统49一面算出三维数据中包含的多个光谱与参照数据内与三维数据重叠的数据区域中包含的多个参照光谱之差的

绝对值。在图9所示的实施方式中,三维数据的整体与参照数据进行比较,但是在一个实施方式中也可以抽取三维数据的一部分(例如特征数据区域),将抽取的部分与参照数据比较。

[0109] 处理系统49决定与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置。与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置是上述差为最小的位置。处理系统49一面将三维数据沿参照数据的研磨时间轴一点一点移动,一面算出上述差,决定与最小的差对应的三维数据的参照数据上的位置。

[0110] 图10是表示与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置的图。与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置,是三维数据中包含的多个光谱与参照数据中包含的多个参照光谱之差为最小的位置。参照数据内的数据区域的位置可以通过参照数据的研磨时间轴上的研磨时间来表示。处理系统49决定上述差为最小的数据区域的位置,决定与此决定了的位置对应的研磨时间。更为具体来说,处理系统49决定对决定了的数据区域的位置进行确定的多个研磨时间中的最新的研磨时间。

[0111] 处理系统49根据决定了的研磨时间决定基板W的膜厚。参照数据的研磨时间轴作为表示参照基板的膜厚的变化的轴发挥作用。即,研磨时间为0时的参照基板的膜厚是参照基板的初期膜厚,研磨时间为研磨终点时的参照基板的膜厚是参照基板的研磨后的膜厚。参照基板的初期膜厚及研磨后的膜厚通过未图示的膜厚测定装置测定。当参照基板用固定的研磨率进行研磨时,参照数据的研磨时间轴上的各时间点的参照基板的膜厚,可以根据参照基板的初期膜厚及研磨后的膜厚各自的测定值和研磨时间轴上的各时间点通过计算求得。因此,参照数据的研磨时间轴上的研磨时间与参照基板的膜厚唯一地对应,各研磨时间与对应的膜厚相关联。与研磨时间轴上的各时间点对应的各膜厚可以通过预先计算来求得,或者也可以在决定了与三维数据最一致的数据区域的位置后,通过计算与该决定了的位置对应的膜厚来求得。

[0112] 处理系统49决定与上述差为最小的数据区域的位置对应的研磨时间,决定与决定了的研磨时间相关联的膜厚。决定的膜厚被送到研磨控制部9。研磨控制部9根据决定的膜厚决定基板W的研磨终点,或变更研磨条件。

[0113] 根据本实施方式,基板的膜厚不是根据一个光谱来决定,而是根据由时间序列的多个光谱构成的三维数据来决定。因此,假设在三维数据中包括形状大为不同的光谱,也可以降低这样的光谱对膜厚的决定造成的影响。结果,处理系统49可以正确决定基板W的膜厚。

[0114] 图11是对本实施方式的膜厚决定的方法进行说明的流程图。

[0115] 在步骤1中,分别使研磨台3和研磨头1旋转,将基板W按压到进行旋转的研磨台3上的研磨垫2而对该基板W的表面进行研磨。

[0116] 在步骤2中,研磨台3每旋转一圈,处理系统49就由分光器47接受来自基板W的表面的反射光的强度测定数据,根据强度测定数据生成反射光的光谱。

[0117] 在步骤3中,处理系统49编制由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据。

[0118] 在步骤4中,处理系统49将三维数据与参照数据比较,决定与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置。

[0119] 在步骤5中,处理系统49决定与决定了的所述位置相关联的膜厚。

[0120] 由至少一台计算机构成的处理系统49,按照电存储在其存储装置49a的程序中包含的指令进行动作。即,处理系统49在基板W的研磨中执行:根据来自该基板W的反射光的强度测定数据生成多个光谱的步骤、通过将多个光谱沿研磨时间排列而编制三维数据的步骤、根据三维数据决定基板W的膜厚的步骤。

[0121] 用来在处理系统49执行这些步骤的程序,记录在作为非暂时性的有形物的计算机可读的记录介质中,借助记录介质向处理系统49提供。或者,程序也可以借助互联网或局域网等通信网络被输入处理系统49。

[0122] 在一般情况下,光谱依存于构成基板的露出表面的膜的厚度而改变。但是,光谱有时也受到存在于膜下的下层构造的影响。这是由于,从光学传感器头7放出的光透过基板的膜,被下层构造反射。例如,即使膜的厚度相同,如果下层构造不同,则会改变光的反射的方式、膜厚的测定结果。

[0123] 为了防止因这样的下层构造的不同引起的膜厚测定的精度下降,在一个实施方式中,如图12所示,处理系统49也可以具备使用下层构造不同的多个参照基板编制的多个参照数据。多个参照数据分别包括对预先准备的上述多个参照基板中的一个进行研磨时生成的多个参照光谱。这些多个参照数据储存在数据库60中。

[0124] 如图12所示,处理系统49从多个参照数据选择包括与在基板的研磨初期编制的初期三维数据最一致的数据区域的一个参照数据。更为具体来说,处理系统49算出在基板的研磨初期编制的初期三维数据中包含的多个光谱与在参照基板的研磨初期编制的多个参照光谱之差,从上述多个参照数据选择差为最小的一个参照数据。并且,处理系统49使用所选择的参照数据决定基板W的膜厚。即,处理系统49将在基板W的研磨中编制的三维数据与上述选择的参照数据进行比较,决定与三维数据最一致的参照数据内的数据区域的位置,决定与此决定的位置相关联的膜厚。

[0125] 根据本实施方式,准备使用下层构造不同的多个参照基板编制的多个参照数据,从多个参照数据选择包括与初期三维数据最一致的数据区域的一个参照数据。在此选择的参照数据的编制中使用的参照基板,被推定为具有与研磨中的基板的下层构造很像的基底构造。因此,通过使用以这样的参照基板生成的参照数据,处理系统49可以决定基板的正确的膜厚。

[0126] 接着,对决定基板的膜厚的方法的其它的实施方式进行说明。对于与上述实施方式中的各要素相同的要素赋予相同的名称,省略其重复的说明。并且,不做特别说明的本实施方式的结构和动作与上述实施方式相同,因此省略其重复的说明。

[0127] 在本实施方式中决定膜厚的方法的基本概念与上述实施方式相同,但是本实施方式将三维数据和参照数据分别变换成二维图像和参照图像,这一点与上述实施方式不同。图13是表示从三维数据变换成二维图像的工序的图,图14是表示从参照数据变换成参照图像的工序的图。

[0128] 处理系统49被构成为,将三维数据和参照数据分别变换成二维图像和参照图像。更为具体来说,如图13及图14所示,处理系统49将分别包含于三维数据和参照数据的反射光的强度进行分类,生成有色的二维图像和参照图像。二维图像和参照图像可以是彩色图像,或者也可以是灰色标度图像。在图13中,以等值线表示分类的强度。

[0129] 在一个实施方式中,处理系统49也可以对二维图像和参照图像实施平滑化处理等

过滤,即降噪处理。例如,将构成二维图像的各像素的颜色指标值(例如灰色标度值)替换成其像素的周围的多个像素的颜色指标值的平均值。或者,也可以将周围的多个像素的颜色指标值乘以加权系数,将得到的值的平均值用作各像素的颜色指标值。通过这样的降噪处理(过滤)可以降低脉冲噪声等局部噪声。

[0130] 处理系统49决定与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置。更为具体来说,如图15所示,处理系统49将二维图像与参照图像叠加,一面沿参照图像的研磨时间轴一点一点移动二维图像,一面决定与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置。具体来说,处理系统49一面一点一点移动二维图像,一面算出二维图像与参照图像之差,决定差为最小的位置。差为最小的位置是与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置。决定与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的方法,可以使用公知的图像处理技术。例如,可以使用图形匹配技术,或标准化互相关法等样板匹配技术。在图15所示的实施方式中,将二维图像的整体与参照图像比较,但是在在一个实施方式中也可以抽取二维图像的一部分(例如特征图像区域),将抽取的部分与参照图像进行比较。

[0131] 如图16所示,处理系统49决定对应于与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置的研磨时间。更为具体来说,处理系统49决定对与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置进行确定的多个研磨时间中的最新的研磨时间。此外,处理系统49决定关于决定了的研磨时间相关联的膜厚。决定的膜厚是基板W的当前的膜厚,被送到研磨控制部9。研磨控制部9根据决定的膜厚决定基板的研磨终点,或变更研磨条件。此外,处理系统49也可以根据当前的膜厚与目标膜厚之差,算出到研磨终点为止的预测研磨时间。

[0132] 图17是说明本实施方式的膜厚决定的方法的流程图。

[0133] 在步骤1中,使研磨台3和研磨头1分别旋转,将基板W按压到进行旋转的研磨台3上的研磨垫2而对该基板W的表面进行研磨。

[0134] 在步骤2中,研磨台3每旋转一圈,处理系统49就从分光器47接受来自基板W的表面的反射光的强度测定数据,根据强度测定数据生成反射光的光谱。

[0135] 在步骤3中,处理系统49编制沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据。

[0136] 在步骤4中,处理系统49将参照数据和三维数据分别变换成参照图像和二维图像。

[0137] 在步骤5中,决定与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置。

[0138] 在步骤6中,决定与决定了的位置相关联的膜厚。

[0139] 参照图12进行了说明的实施方式,也适用于参照图13~图17进行了说明的本实施方式。即,处理系统49将包括对预先准备的多个参照基板进行研磨时生成的多个参照光谱的多个参照数据变换成多个参照图像,将在基板W的研磨初期编制的初期三维数据变换成初期二维图像,从所述多个参照图像选择包括与初期二维图像最一致的图像区域的一个参照图像。上述多个参照基板具有不同的下层构造。处理系统49使用选择的参照图像决定基板W的膜厚。即,处理系统49将在基板W的研磨中生成的二维图像与上述选择了的参照图像进行比较,决定与二维图像最一致的参照图像内的图像区域的位置,决定与此决定了的位置相关联的膜厚。

[0140] 接着,对决定基板的膜厚的方法的此外其它的实施方式进行说明。对与上述实施方式中的各要素相同的要素赋予相同的名称,省略其重复的说明。并且,不做特别说明的本实施方式的结构和动作与上述实施方式相同,因此省略其重复的说明。

[0141] 处理系统49具备储存于其存储装置49a的膜厚计算模型。处理系统49被构成为将三维数据输入根据人工智能的算法构筑的膜厚计算模型,从膜厚计算模型将膜厚输出。

[0142] 作为人工智能的算法的例子,可列举支援向量回归法、深度学习法、随机森林法、或决定树法等,但在本实施方式中使用作为机器学习的一例的深度学习法。深度学习法是以中间层(也称作隐匿层)被多层化了的神经网络作为基础的学习法。在本说明书中,将使用由输入层、两层以上的中间层、输出层构成的神经网络的机器学习称作深度学习。

[0143] 图18是表示膜厚计算模型的一例的示意图。膜厚计算模型是具有输入层201、多个中间层202、输出层203的神经网络。

[0144] 向膜厚计算模型的输入层201输入在三维数据中包含的反射光的强度。更为具体来说,由构成三维数据的各光谱所表示的反射光的强度被输入输入层201。处理系统49按照由神经网络定义的算法执行运算,膜厚计算模型的输出层203输出表示基板的膜厚的数值。但是,图18所示的膜厚计算模型的结构为一例,本发明不限于图18所示的例子。

[0145] 膜厚计算模型由神经网络构成。用来按照机器学习算法构筑膜厚计算模型的程序被储存在处理系统49的存储装置49a中。处理系统49的处理装置49b通过按照程序中包含的指令执行运算来构成膜厚计算模型。按照机器学习算法构成膜厚计算模型,包括使神经网络的加权等的参数最优化的工序。

[0146] 膜厚计算模型使用包括多个训练用三维数据与分别跟多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合的训练用数据组来构筑。更为具体来说,在膜厚计算模型的构筑中,训练用数据组中包含的多个训练用三维数据作为说明变量使用,训练用数据组中包含的多个膜厚作为目标变量(正解数据)使用。即,处理系统49将训练用三维数据输入膜厚计算模型的输入层,调节膜厚计算模型的参数(权重、偏离等)以从输出层输出与输入的训练用三维数据对应的膜厚(正解数据)。这样的机器学习的结果,作为学习完成模型的膜厚计算模型被编制成。膜厚计算模型被储存在处理系统49的存储装置49a内。

[0147] 训练用数据组可以根据参照数据编制。图19是说明根据参照数据编制训练用数据组的一例的图。如上所述,一面在研磨垫上对参照基板进行研磨,一面将光从光学传感器头7引导到参照基板,由光学传感器头7接受来自参照基板的反射光,由分光器47测定每个波长的反射光的强度,根据得到的强度测定数据生成参照光谱,将生成的参照光谱沿研磨时间排列,由此而编制参照数据。

[0148] 处理系统49将参照数据从数据库60读出,如图19所示,将参照数据沿研磨时间轴分割,编制多个训练用三维数据。各训练用三维数据的时间幅度与在基板W的研磨中编制的三维数据的时间幅度相同。各训练用三维数据与对应的膜厚相关联。研磨时间为0时的参照基板的膜厚是参照基板的初期膜厚,研磨时间为研磨终点时的参照基板的膜厚是参照基板的研磨后的膜厚。参照基板的初期膜厚及研磨后的膜厚通过未图示的膜厚测定装置进行测定。当参照基板以固定的研磨率研磨时,参照数据的研磨时间轴上的各时间点中的参照基板的膜厚,可以根据参照基板的初期膜厚及研磨后的膜厚的各自的测定值和研磨时间轴上的各时间点通过计算而求得。因此,沿研磨时间轴分割的训练用三维数据与膜厚唯一地对应。处理系统49通过对训练用三维数据分配对应的膜厚,从而将各训练用三维数据与对应的膜厚相关联。

[0149] 为了提高膜厚计算模型的精度,优选准备大量的训练用三维数据。于是,准备多个

参照基板,根据这些参照基板的研磨来编制多个参照数据,按照图19所示的例子,根据各参照数据编制多个训练用三维数据。各训练用三维数据与对应的膜厚相关联(结合)。对应的膜厚是关于各训练用三维数据的正解数据。从这样编制的训练用三维数据及对应的膜厚的组合所构成的训练用数据组被保存于数据库60。

[0150] 处理系统49使用包括训练用三维数据和作为正确数据的膜厚的训练用数据组按照机器学习算法构成膜厚计算模型。在膜厚计算模型的参数中,除了权重之外,有时包括偏离。这样构筑的膜厚计算模型被存储在存储装置49a内。

[0151] 在基板W的研磨中,处理系统49根据研磨台3每旋转一圈从分光器47送来的强度测定数据生成光谱,将多个光谱沿研磨时间排列而编制三维数据,将此三维数据输入膜厚计算模型,从膜厚计算模型输出基板W的膜厚。

[0152] 根据本实施方式,与至此说明了的实施方式同样,基板W的膜厚不是根据一个光谱来决定,而是根据由时间序列的多个光谱构成的三维数据来决定。因此,即使假设在三维数据中包括形状大为不同的光谱,也可以降低这样的光谱对膜厚的决定造成的影响。结果,处理系统49可以正确决定基板W的膜厚。

[0153] 处理系统49由至少一台计算机构成。所述至少一台计算机也可以是一台服务器或多台服务器。处理系统49可以通过通信线与分光器47连接的边缘服务器,也可以是通过互联网或局域网等通信网络与分光器47连接的云服务器,或者可以是与分光器47连接的网关、雾服务器、路由器等。处理系统49也可以是通过互联网或局域网等通信网络连接的多个服务器。例如,处理系统49也可以是边缘服务器与云服务器的组合。

[0154] 本实施方式的膜厚计算模型由神经网络构成。在处理系统49的存储装置49a中存储了用来按照机器学习算法来构筑膜厚计算模型的程序。处理系统49的处理装置49b通过按照程序中包含的指令执行运算来构筑膜厚计算模型。按照机器学习算法构筑膜厚计算模型,包括使神经网络的加权等的参数最优化的工序。

[0155] 图20是说明本实施方式的膜厚决定的方法的流程图。

[0156] 在步骤1中,分别使研磨台3和研磨头1旋转,将基板W按压进行旋转的研磨台3上的研磨垫2上对该基板W的表面进行研磨。

[0157] 在步骤2中,研磨台3每旋转一圈,处理系统49从分光器47接受来自基板W的表面的反射光的强度测定数据,根据强度测定数据生成反射光的光谱。

[0158] 在步骤3中,处理系统49编制由沿研磨时间排列的多个光谱构成的三维数据。

[0159] 在步骤4中,处理系统49将三维数据输入按照人工智能的算法构筑的膜厚计算模型。

[0160] 在步骤5中,从膜厚计算模型输出基板W的膜厚。

[0161] 在一个实施方式中,处理系统49也可以根据在基板W的研磨中生成的反射光的光谱来编制参照数据。具体来说,处理系统49通过将基板W的研磨中生成的反射光的光谱沿研磨时间排列,从而编制图19所示的参照数据,进而,将参照数据沿研磨时间轴分割,编制多个训练用三维数据。基板W的初期膜厚及研磨后的膜厚通过未图示的膜厚测定装置来测定。处理系统49对训练用三维数据分配对应的膜厚,从而将各训练用三维数据与对应的膜厚相关联。这样,处理系统49在每次研磨基板时编制参照数据,编制训练用三维数据及对应的膜厚的组。此外,处理系统49通过将新编制的训练用三维数据及对应的膜厚的组追加到训练

用数据组,从而更新该训练用数据组。处理系统49也可以使用定期地更新的训练用数据组再次构筑膜厚计算模型,更新膜厚计算模型。

[0162] 膜厚计算模型的膜厚算出精度依存于训练用数据组。于是,为了提高膜厚计算模型的膜厚算出精度,也可以按如下进行训练用数据组的前处理。将多个参照基板用图1所示的研磨装置进行研磨。处理系统49在对这些多个参照基板进行研磨时生成多个参照光谱,编制包括这些参照光谱的多个训练用三维数据。训练用三维数据的编制按照参照图19进行说明的方法来实施。

[0163] 如图21所示,处理系统49将编制的多个训练用三维数据按照聚类的算法分为多个群。在图21中,黑圆表示训练用三维数据。聚类也被称作聚集分析,聚类的算法是将多个训练用三维数据根据某特征进行分类的人工智能的算法的一种。在处理系统49的存储装置49a中,储存了用来将多个训练用三维数据按照聚类的算法分为多个群的程序。处理系统49的处理装置49b通过按照程序中包含的指令执行运算而将多个训练用三维数据分为多个群。在图21所示的例子中,多个训练用三维数据被分为三个群,但有时分为两个群或四个以上的群。

[0164] 接着,将测试基板在图1所示的研磨装置进行研磨。测试基板是具有与要研磨的基板W相同的露出膜及下层构造的基板。在此,露出膜是构成基板的露出面的膜,下层构造是存在于露出膜下的构造物。一般情况下,露出膜及下层构造因基板的式样而改变。

[0165] 处理系统49将对测试基板进行研磨时生成的多个光谱沿研磨时间排列而编制测试三维数据。此外,处理系统49从上述多个群选择包括与测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群。并且,处理系统49使用训练用数据组按照机器学习算法构筑膜厚计算模型,该训练用数据组包括属于选择了的群的多个训练用三维数据与分别跟这些多个训练用三维数据结合的多个膜厚的组合。

[0166] 在训练用三维数据的编制中使用的上述多个参照基板,有的具有相同的下层构造,有的具有不同的下层构造。根据来自这些各种参照基板的反射光生成的光谱因下层构造不同而变化。结果,包括多个光谱的训练用三维数据也因下层构造的不同而变化。

[0167] 根据本实施方式,依存于下层构造的不同而变化的训练用三维数据,按照聚类的算法分为多个群。处理系统49从上述多个群选择包括与测试三维数据最一致的训练用三维数据的一个群。在属于选择了的群的训练用三维数据的编制中使用的参照基板,被推定为具有与测试基板相同或类似的下层构造。因此,用包括这样的训练用三维数据的训练用数据组构筑的膜厚计算模型,可以正确地输出具有与测试基板相同构造的基板W的膜厚。

[0168] 在一个实施方式中,处理系统49也可以将图19所示的多个训练用三维数据分为多个群,用属于各个群的训练用三维数据通过机器学习编制多个膜厚计算模型。与各群对应的膜厚计算模型可以输出反映了基板的下层构造的不同的膜厚。这些多个膜厚计算模型被储存在存储装置49a内。在一个例子中,多个膜厚计算模型被储存在构筑于存储装置49a内的程序库内。处理系统49从多个膜厚计算模型选择与所研磨的基板最合适的一个膜厚计算模型,用选择的膜厚计算模型计算膜厚。在基板的研磨中,处理系统49也可以切换为与研磨的基板更加合适的其它的膜厚计算模型。

[0169] 膜厚计算模型的输入与输出的关系可以为1:1、可以为1:大于或等于2的数、可以为大于或等于2的数:1,或也可以为大于或等于2的数:大于或等于2的数。列举以下的膜厚

计算模型的输入及输出的例子。

[0170] 输入:三维数据

[0171] 研磨动作参数

[0172] 环境参数

[0173] 输出:膜厚

[0174] 研磨流程控制值(控制参数)

[0175] 到研磨终点的预测研磨时间

[0176] 程序(例如,记述用来输出研磨参数、系数的函数的程序)

[0177] 研磨方法

[0178] 对基板的按压力

[0179] 训练用数据组除了训练用三维数据之外,还可以包括研磨动作参数、环境参数等附加输入数据作为说明变量。作为研磨动作参数的例子,可列举研磨台3的旋转速度、研磨头1的旋转速度、研磨头1对基板W施加的按压力等。作为环境参数,可列举从研磨液供给喷嘴5供给的研磨液的温度、研磨垫2的温度等。

[0180] 训练用数据组除了膜厚之外,还可以进一步包括研磨流程控制值(控制参数)、预测研磨时间、程序、研磨方法、对基板的按压力等附加输出数据作为目标变量。预测研磨时间是从研磨中的某个时间点到研磨终点的预测时间。程序,例如是记述用来输出研磨参数、系数的函数的程序。研磨方法包括用来对基板进行研磨的研磨装置的动作流程等。

[0181] 膜厚计算模型具备:具有与训练用三维数据及上述附加输入数据对应的神经元的输入层,和具有与膜厚及上述附加输出数据对应的神经元的输出层。处理系统49使用包括训练用三维数据、膜厚、附加输入数据及附加输出数据的训练用数据组实施机器学习,构筑膜厚计算模型。具体来说,将训练用三维数据及附加输入数据输入膜厚计算模型的输入层,对膜厚计算模型的参数(权重、偏离等)进行调节,以从输出层输出与训练用三维数据和附加输入数据对应的膜厚和附加输出数据。这样的机器学习的结果,作为学习完成模型的膜厚计算模型得以被编制。膜厚计算模型存储存在处理系统49的存储装置49a内。

[0182] 此外,处理系统49在基板的研磨中将三维数据及附加输入数据输入作为学习完成模型的膜厚计算模型的输入层,将膜厚及附加输出数据从膜厚计算模型的输出层输出。

[0183] 根据本实施方式,膜厚计算模型不仅能够输出膜厚,而且能够输出预测研磨时间、研磨方法等附加信息。结果,达成了研磨装置的最恰当的运行。

[0184] 上述实施方式是以具有本发明所属技术领域中的通常的知识的人员能实施本发明为目标而记载的。上述实施方式的种种变形例只要是本领域人员当然就能够实施,本发明的技术思想也可以适用于其它的实施方式。因此,本发明不限于所记载的实施方式,按照请求保护的范

[0185] 符号说明

[0186] 1研磨头

[0187] 2研磨垫

[0188] 2a研磨面

[0189] 3研磨台

[0190] 5研磨液供给喷嘴

- [0191] 6研磨台马达
- [0192] 7光学传感器头
- [0193] 9研磨控制部
- [0194] 10头轴
- [0195] 17连结构件
- [0196] 18研磨头马达
- [0197] 31投光用光纤光缆
- [0198] 32受光用光纤光缆
- [0199] 40光学式膜厚测定装置
- [0200] 44光源
- [0201] 47分光器
- [0202] 48光检测器
- [0203] 49处理系统
- [0204] 49a存储装置
- [0205] 49b处理装置
- [0206] 50A第一孔
- [0207] 50B第二孔
- [0208] 51通孔
- [0209] 60数据库

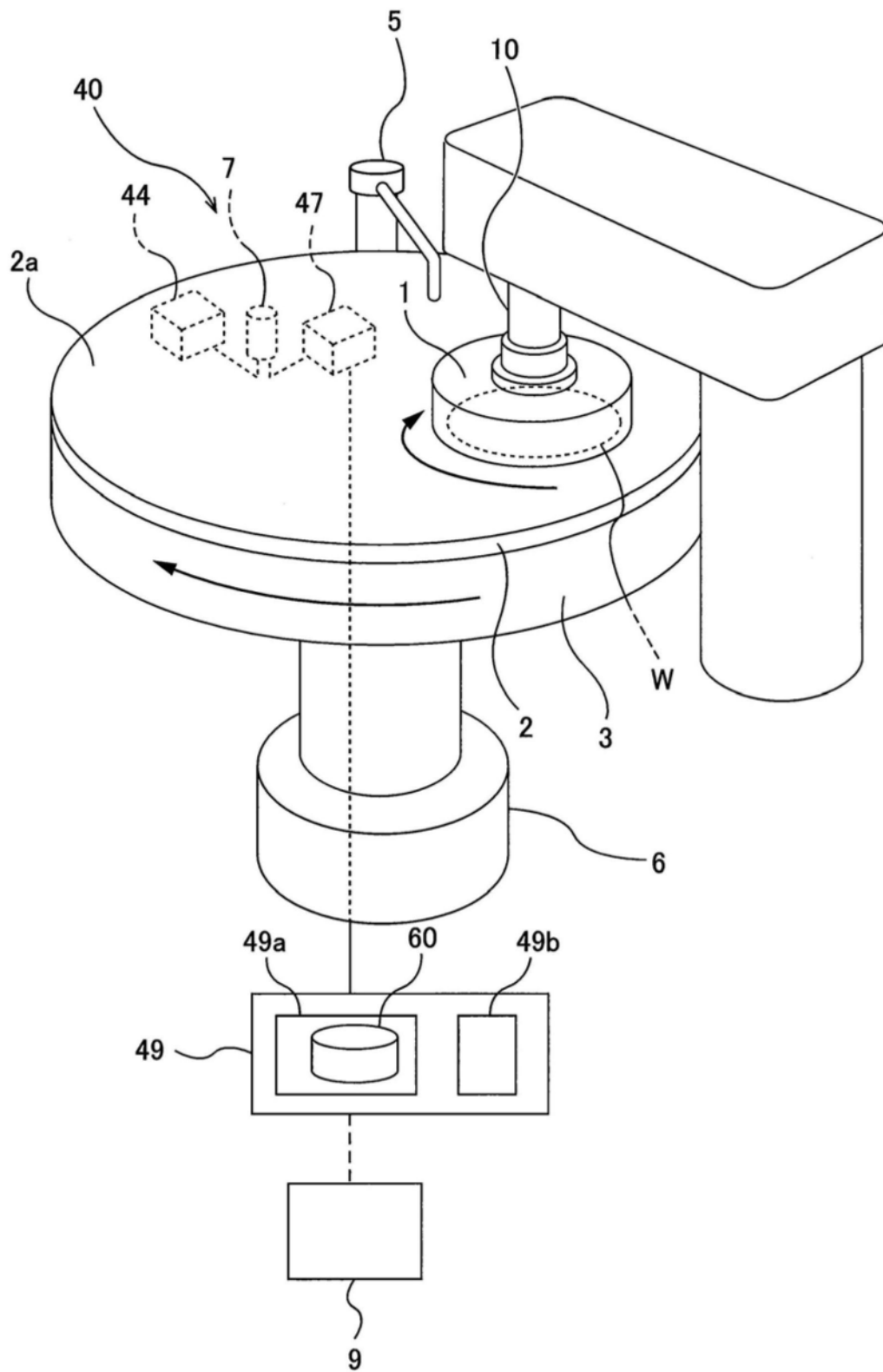


图1

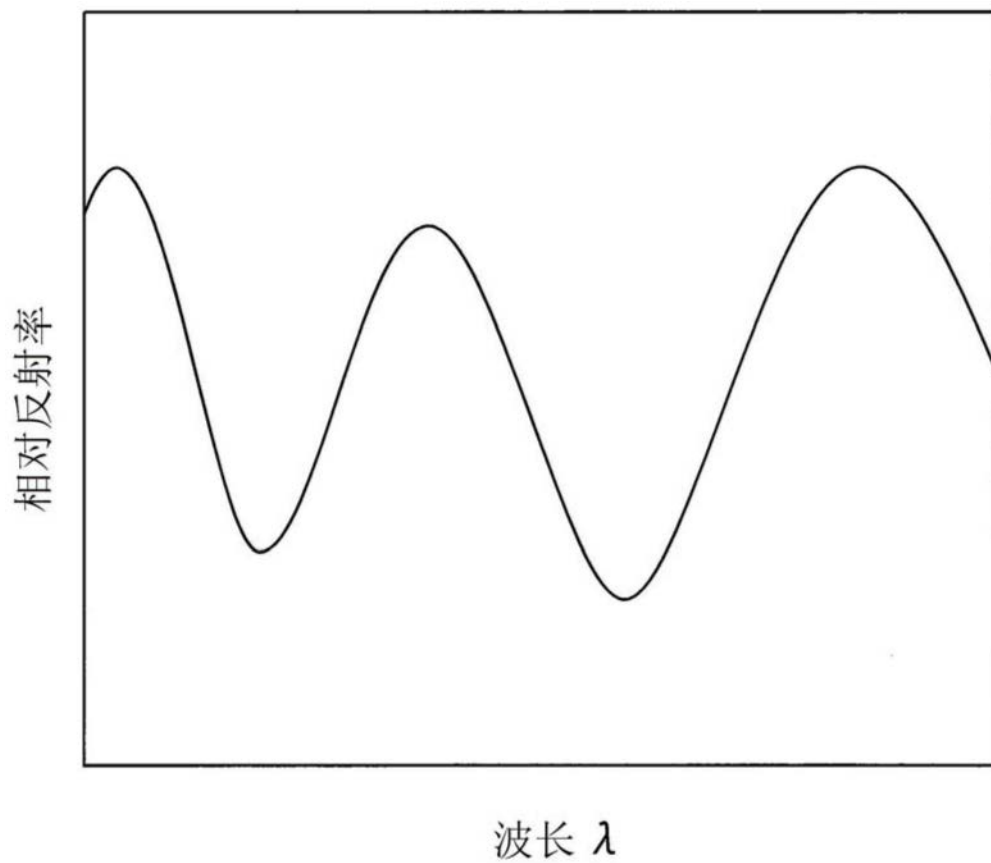
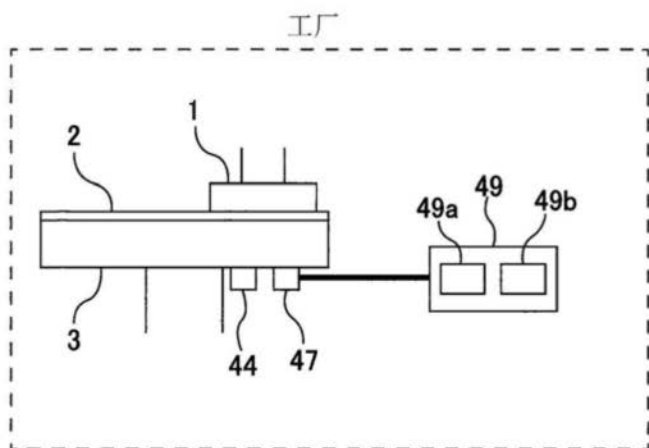
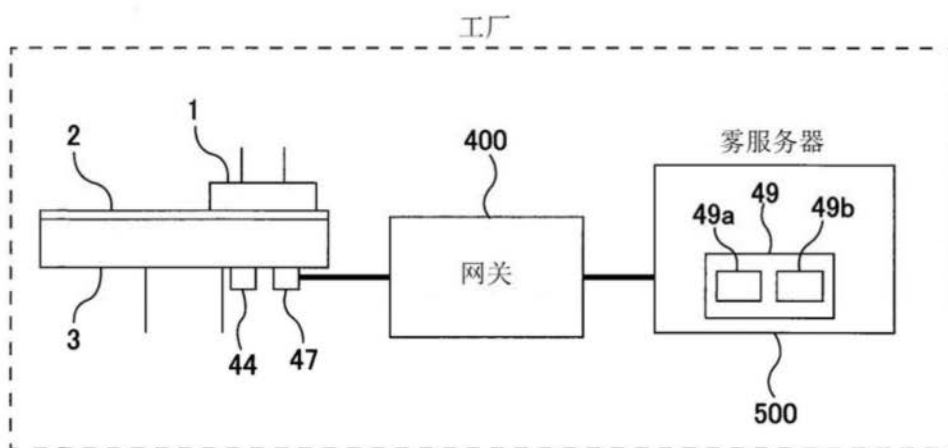


图2

(a)



(b)



(c)

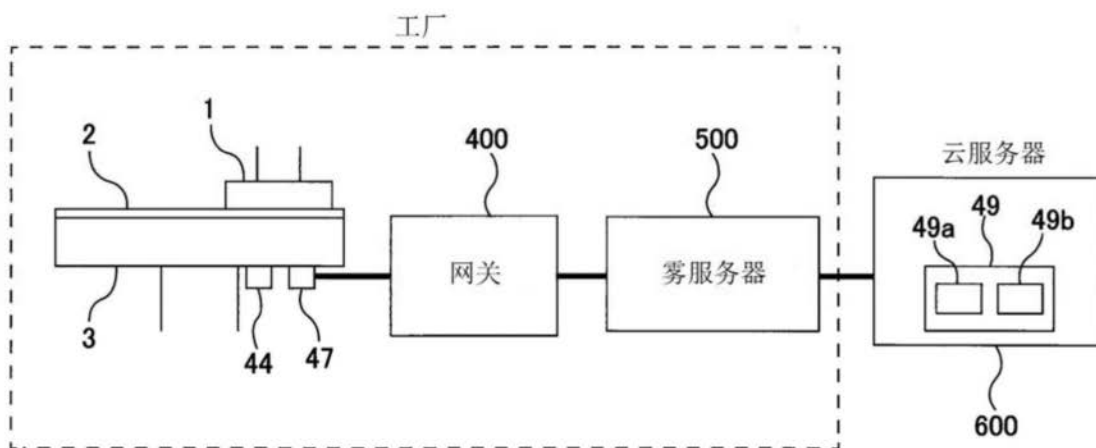


图3

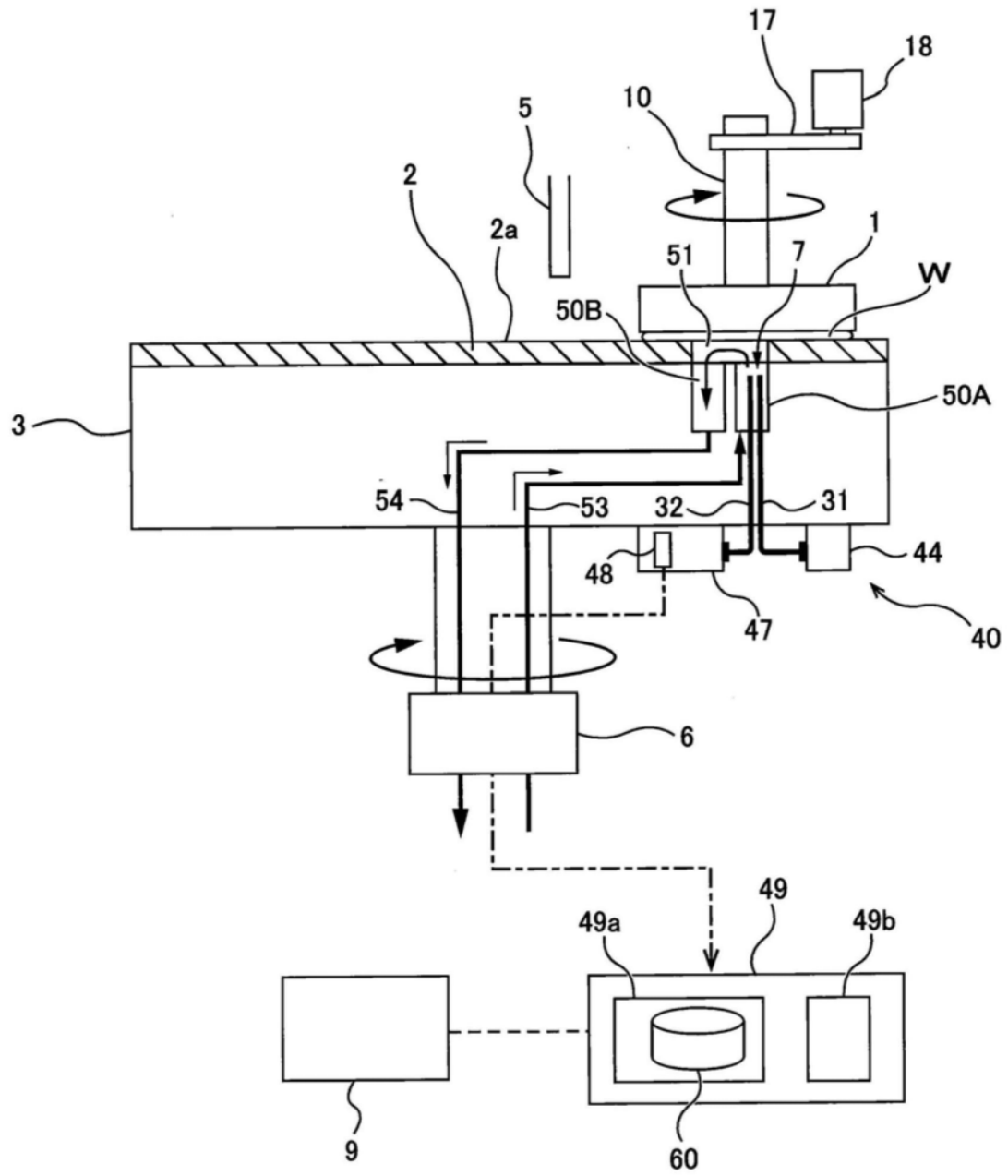


图4

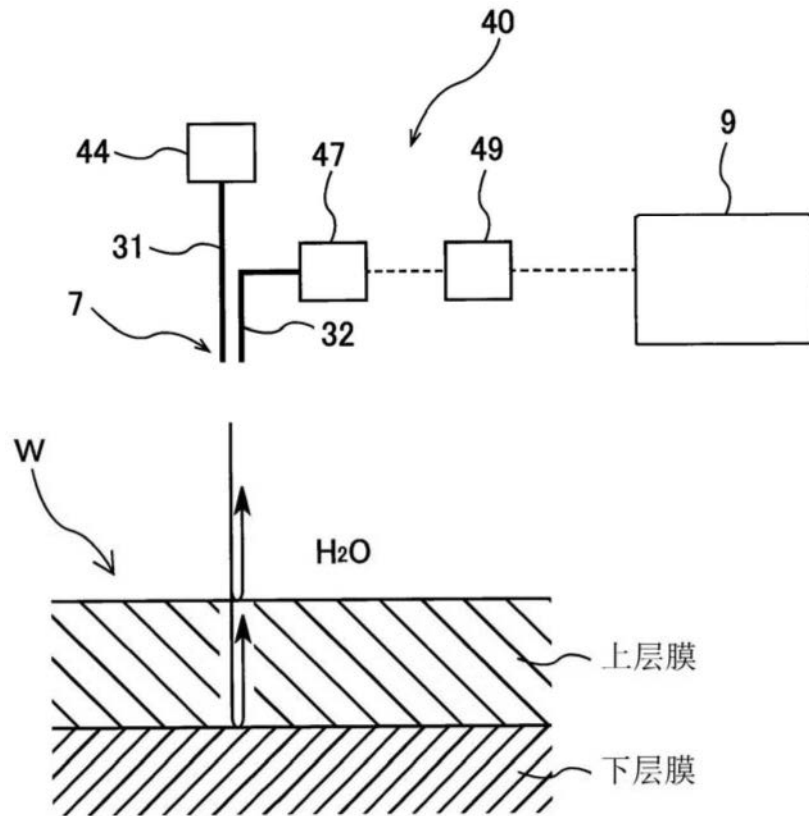


图5

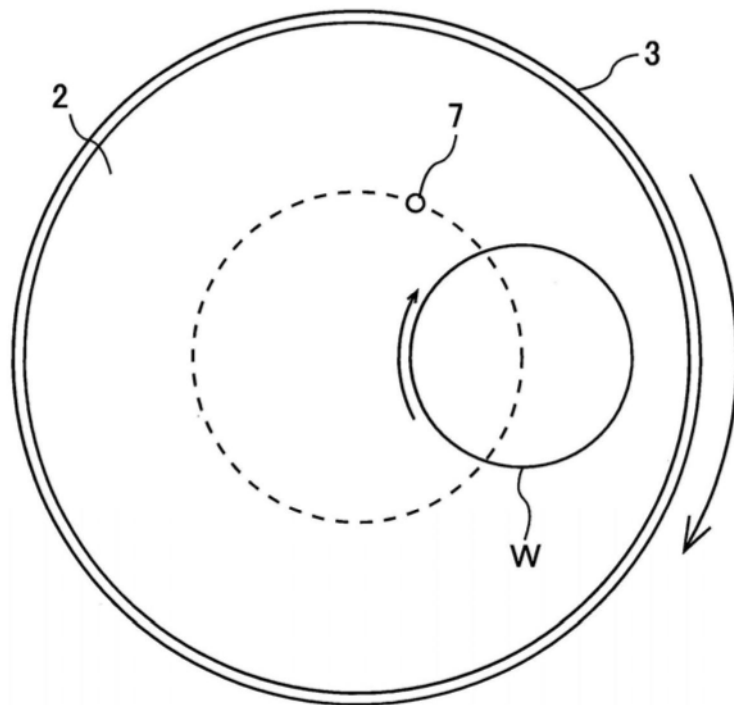


图6

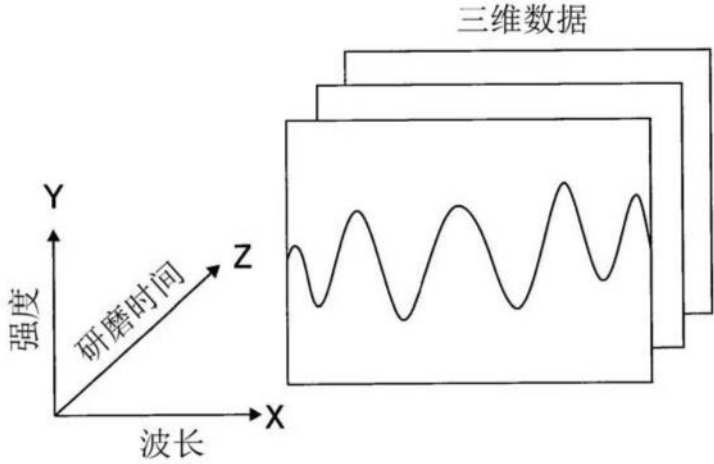


图7

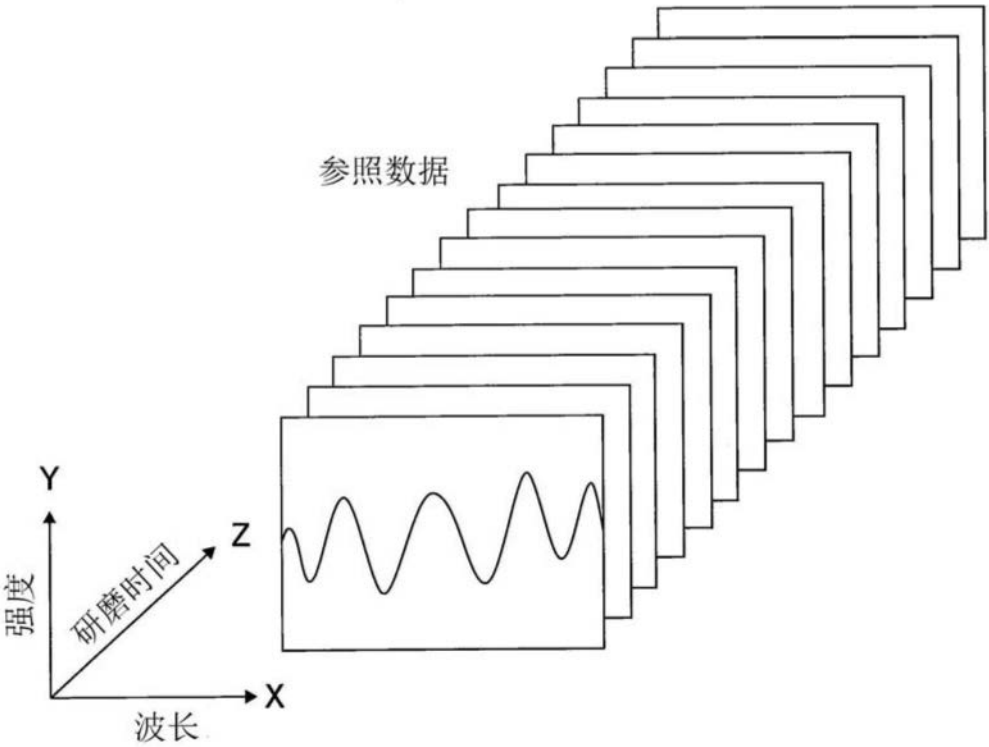


图8

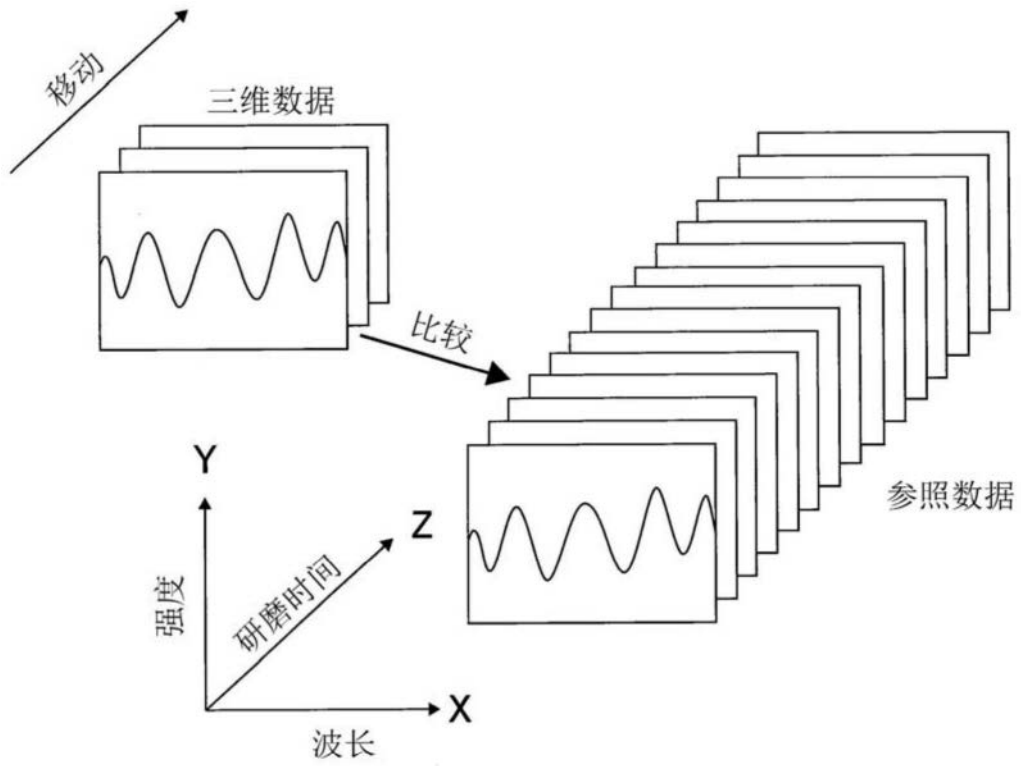


图9

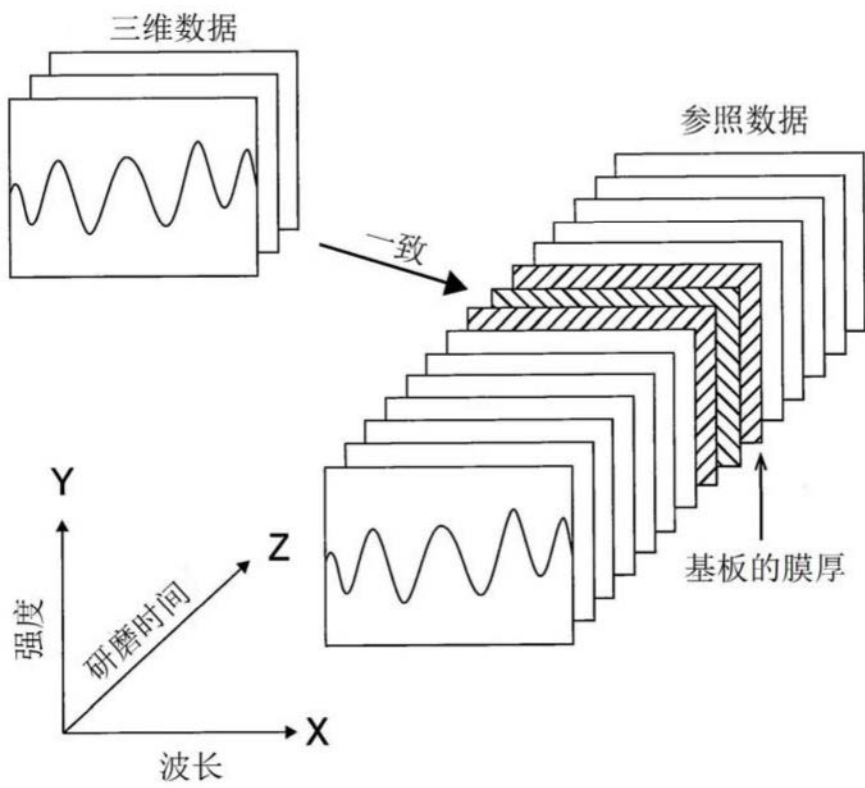


图10

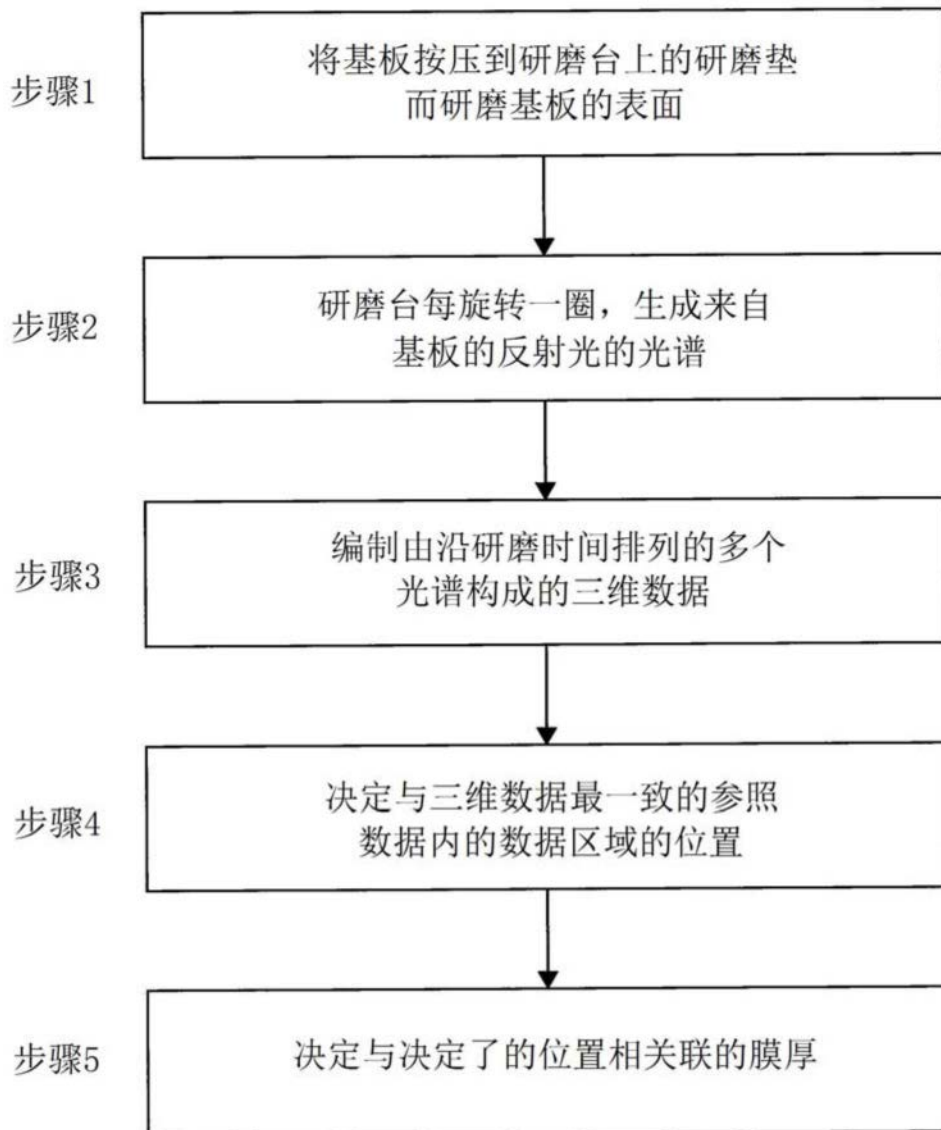


图11

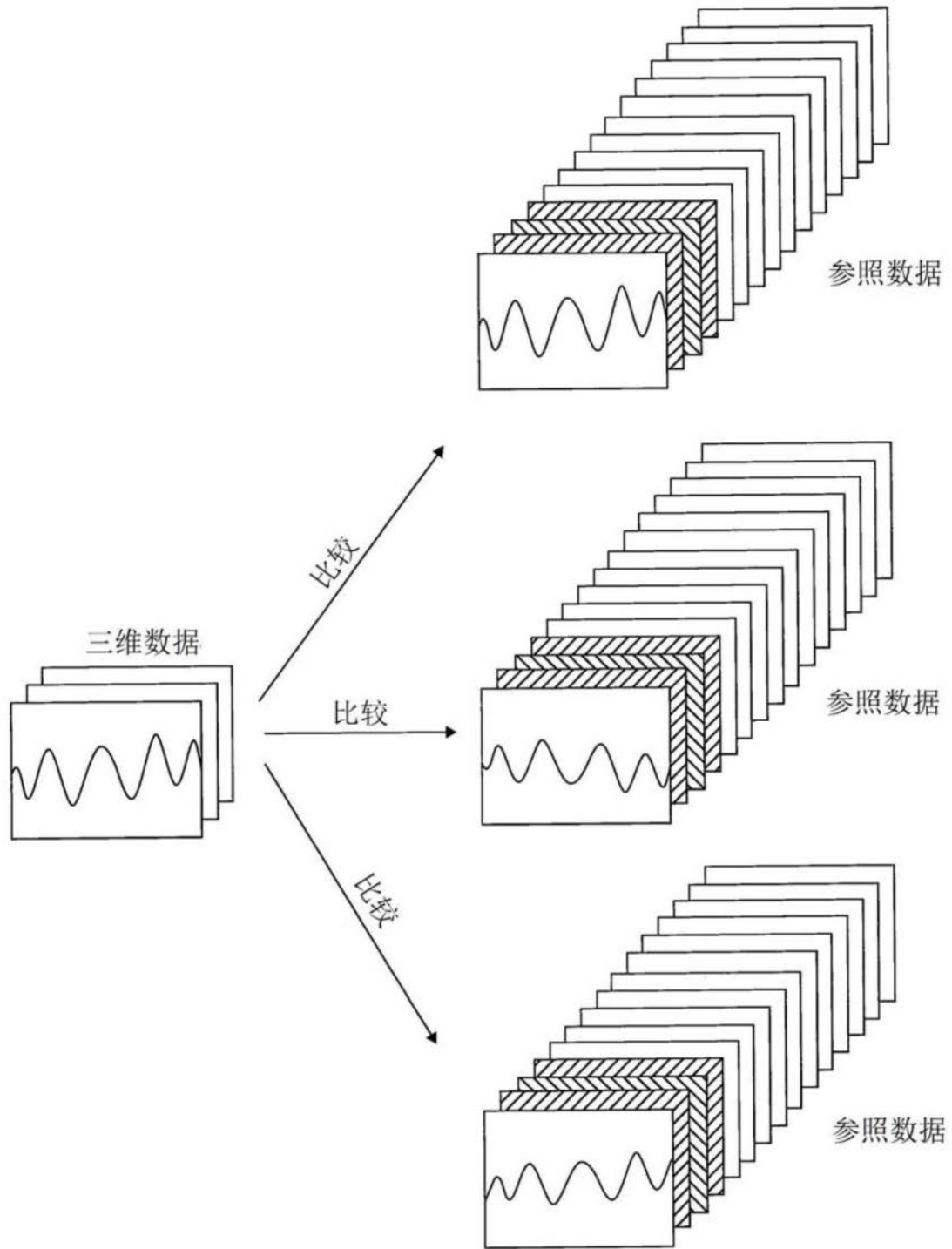


图12

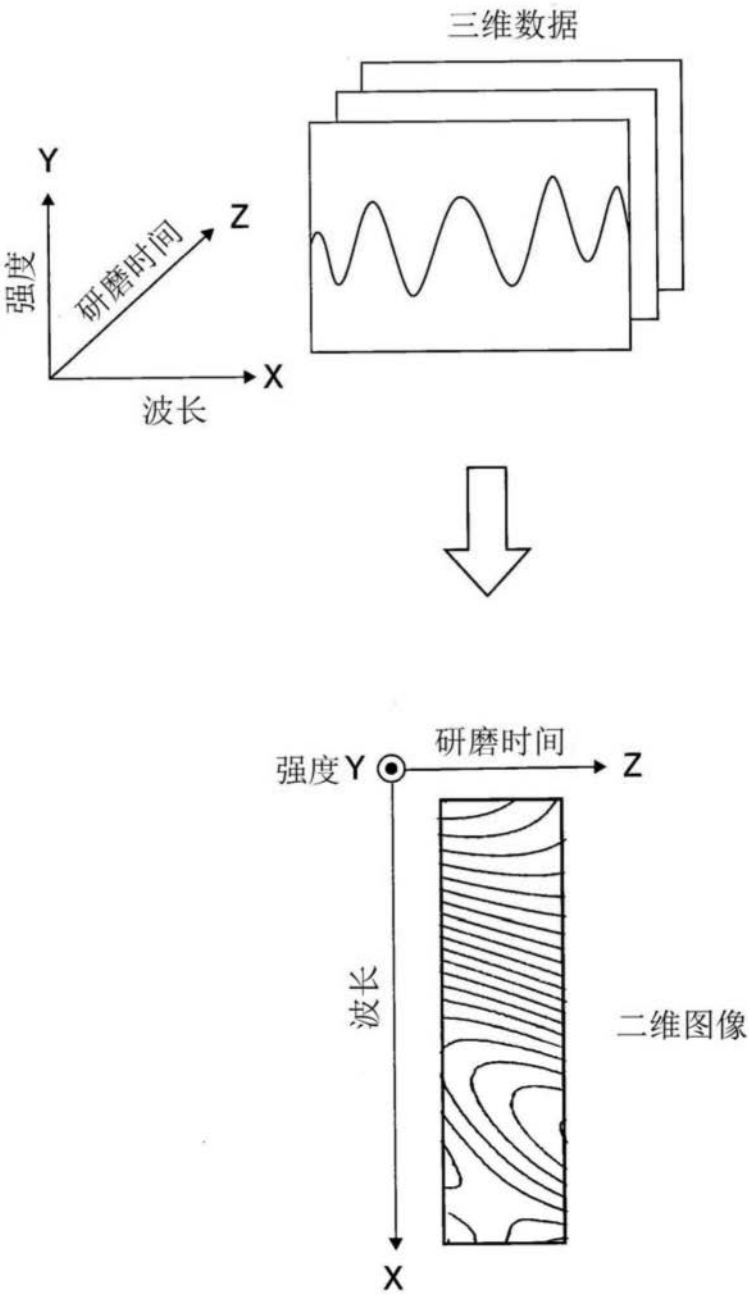


图13

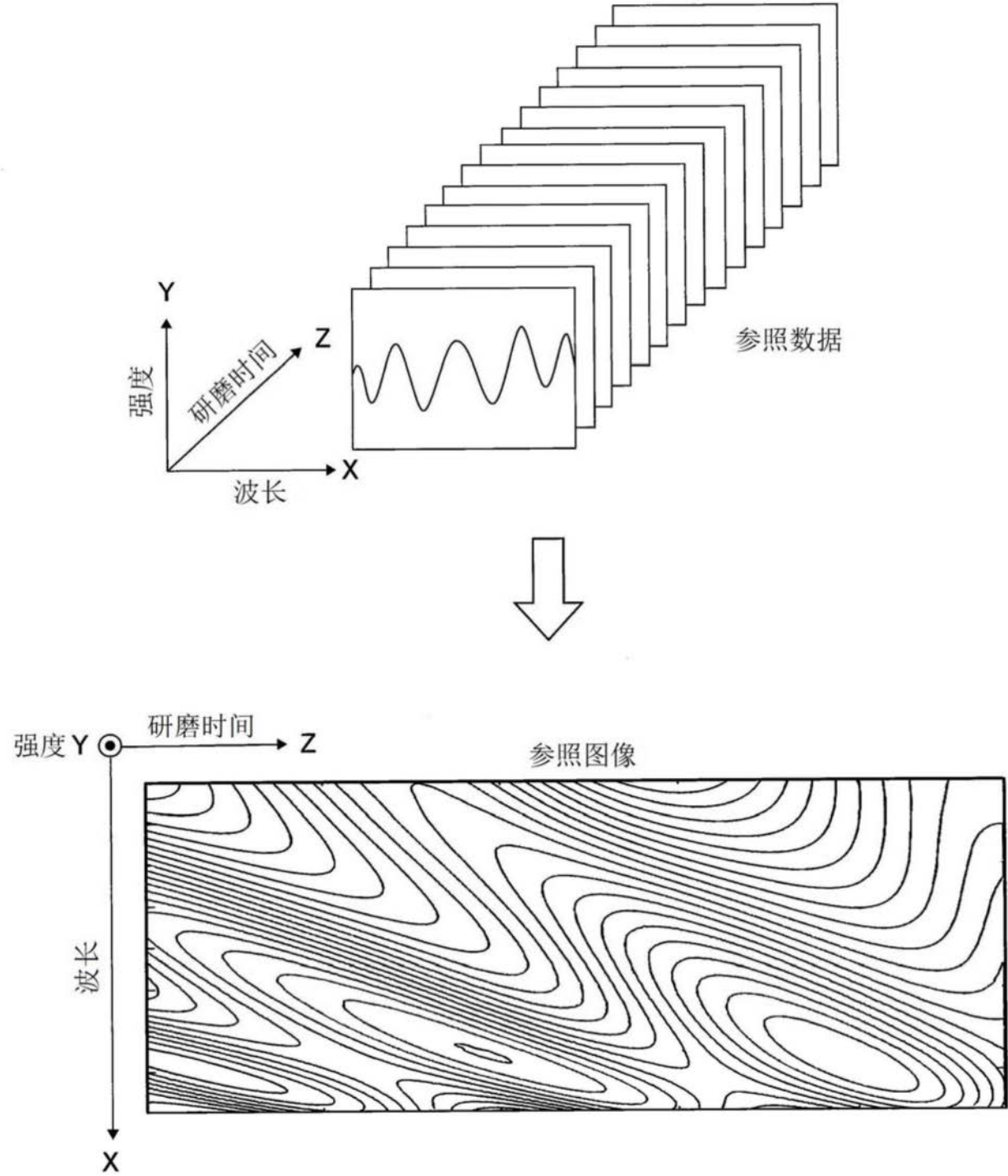


图14

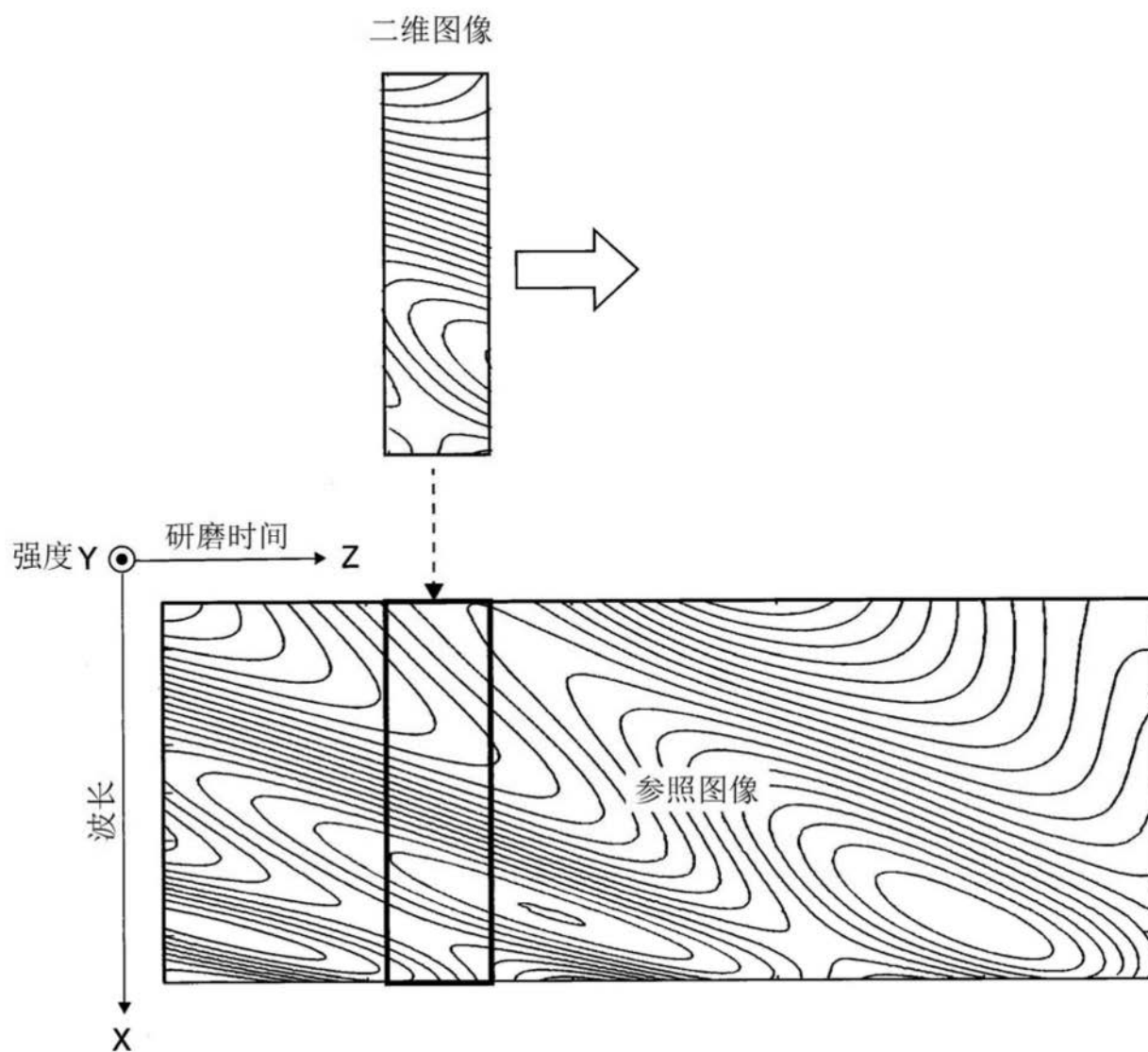


图15

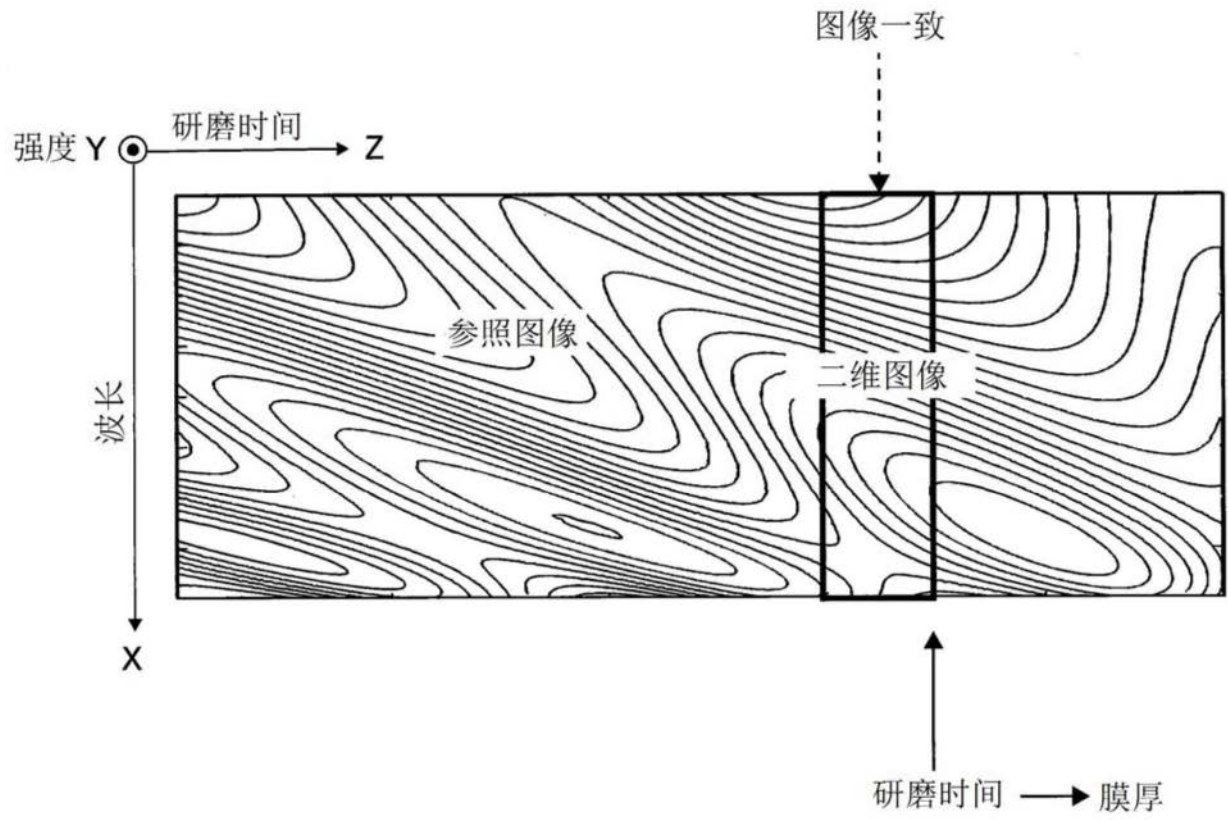


图16

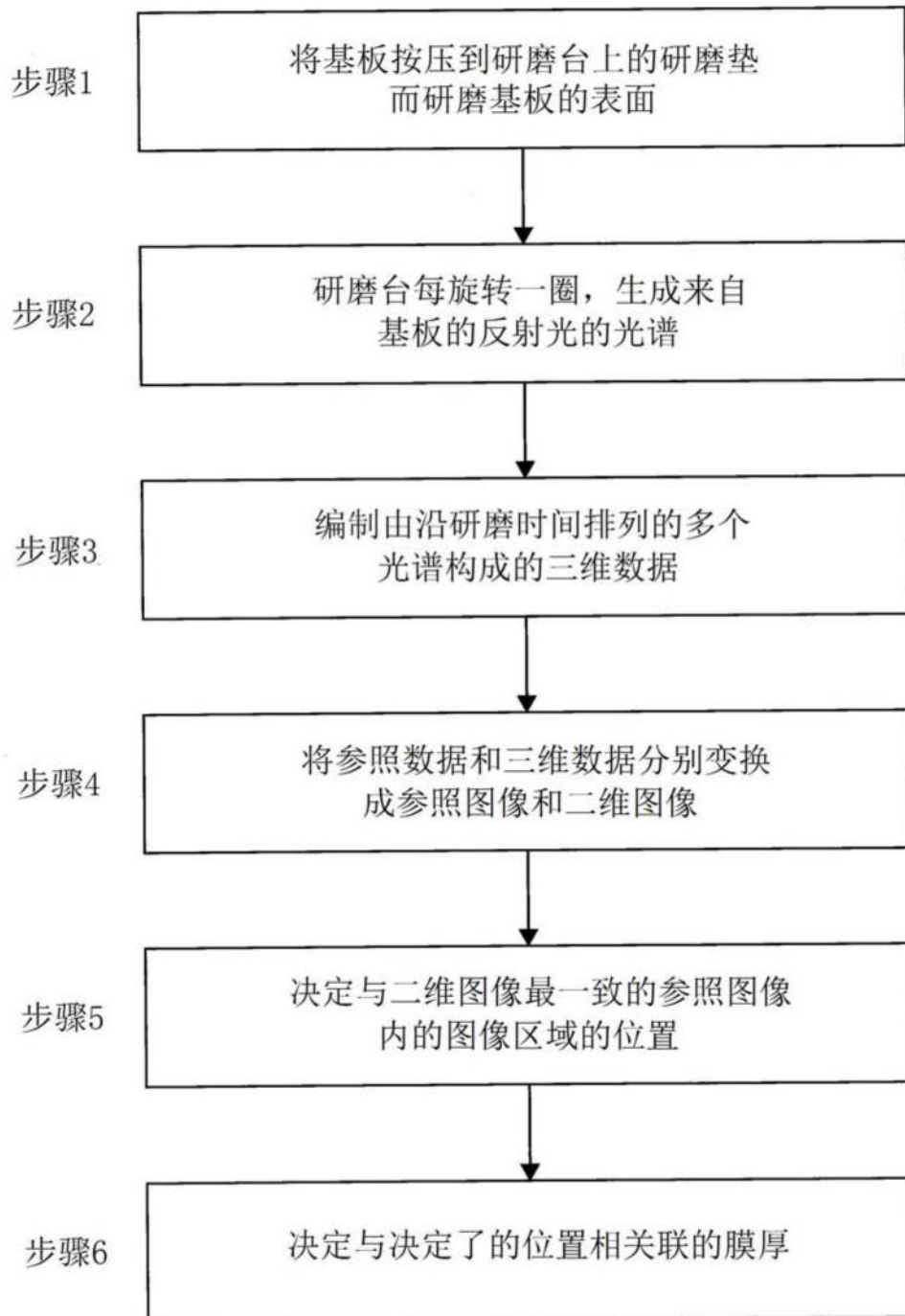


图17

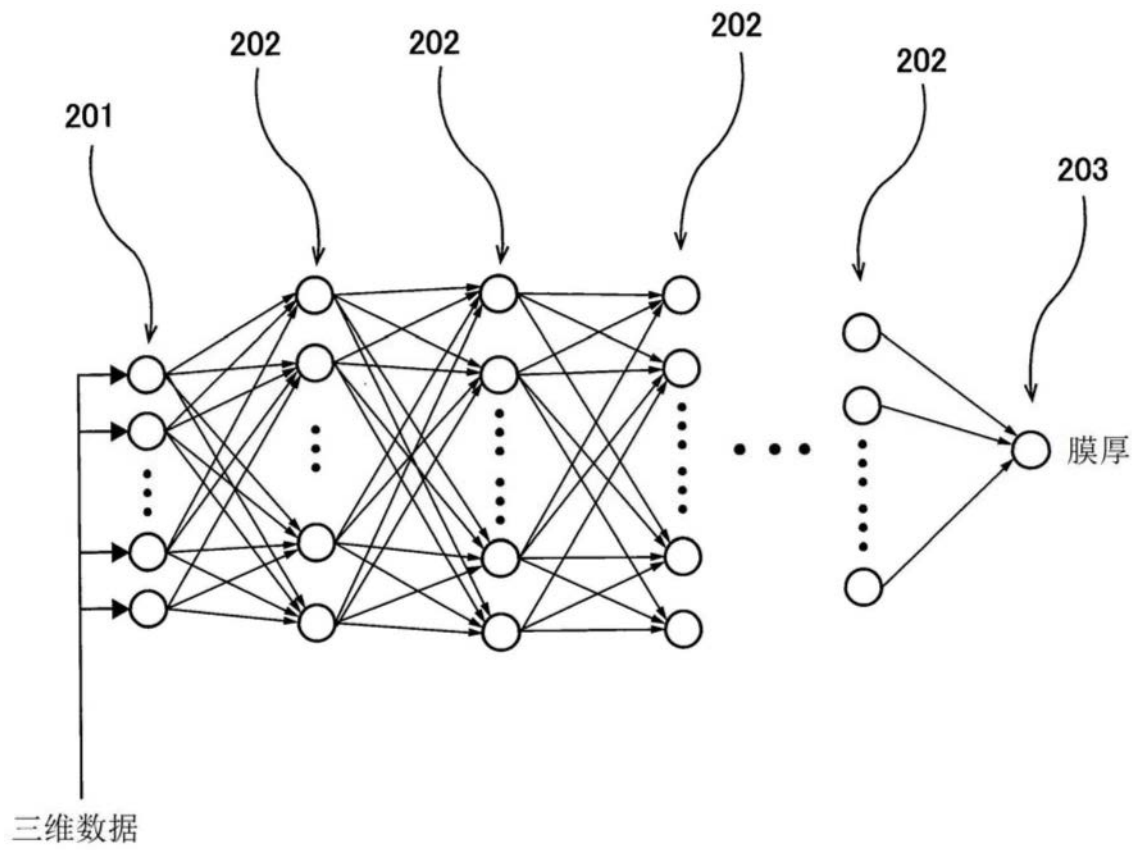


图18

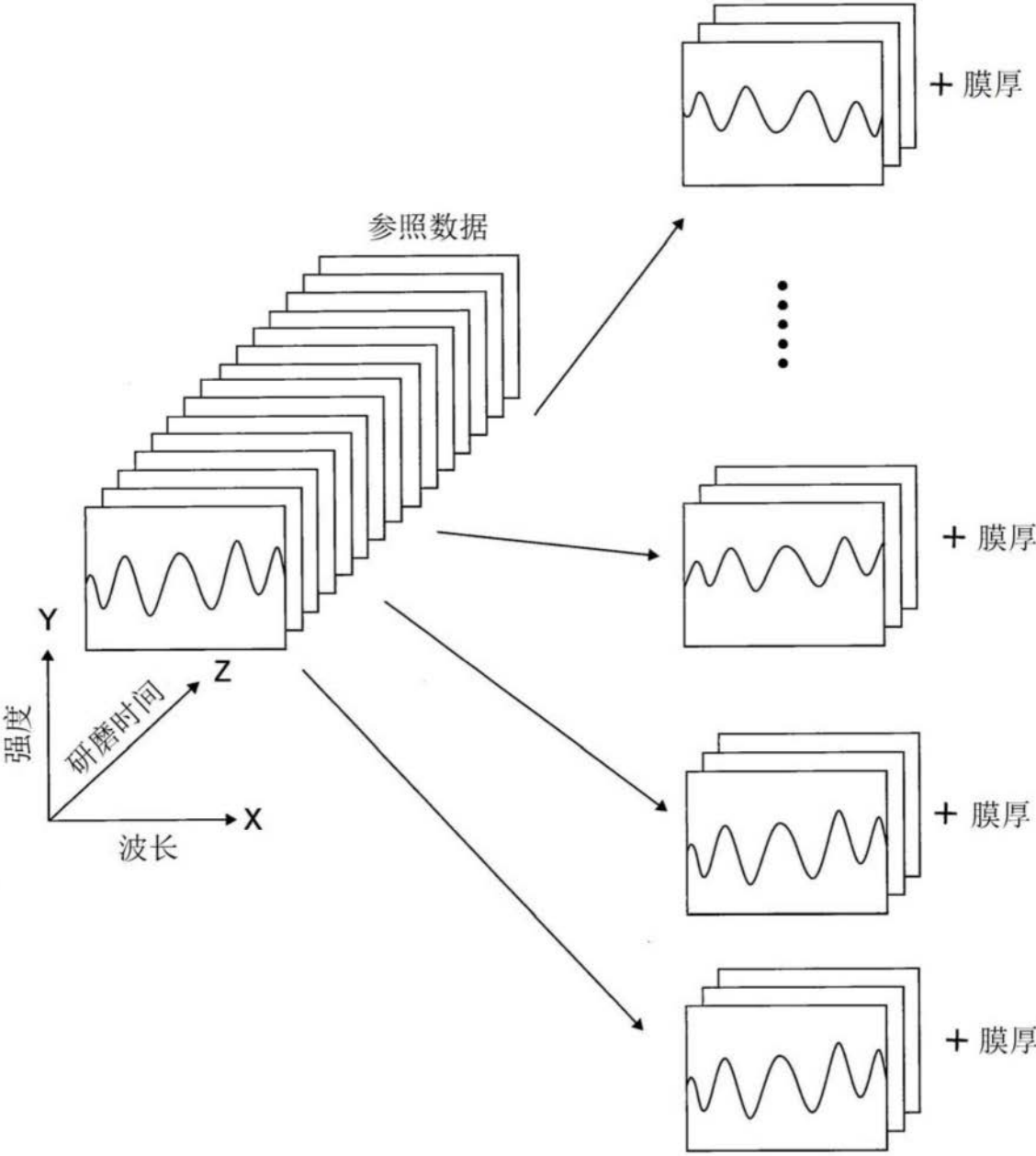


图19

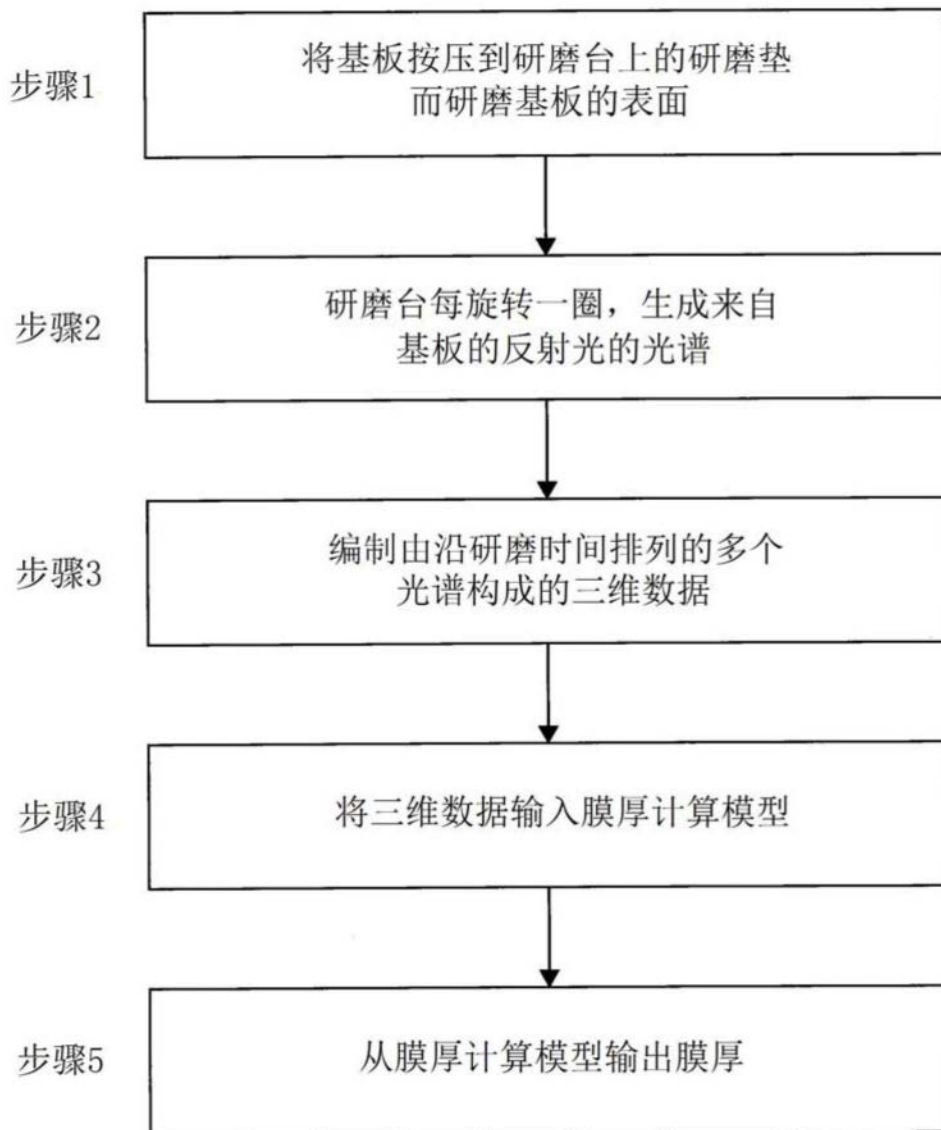


图20

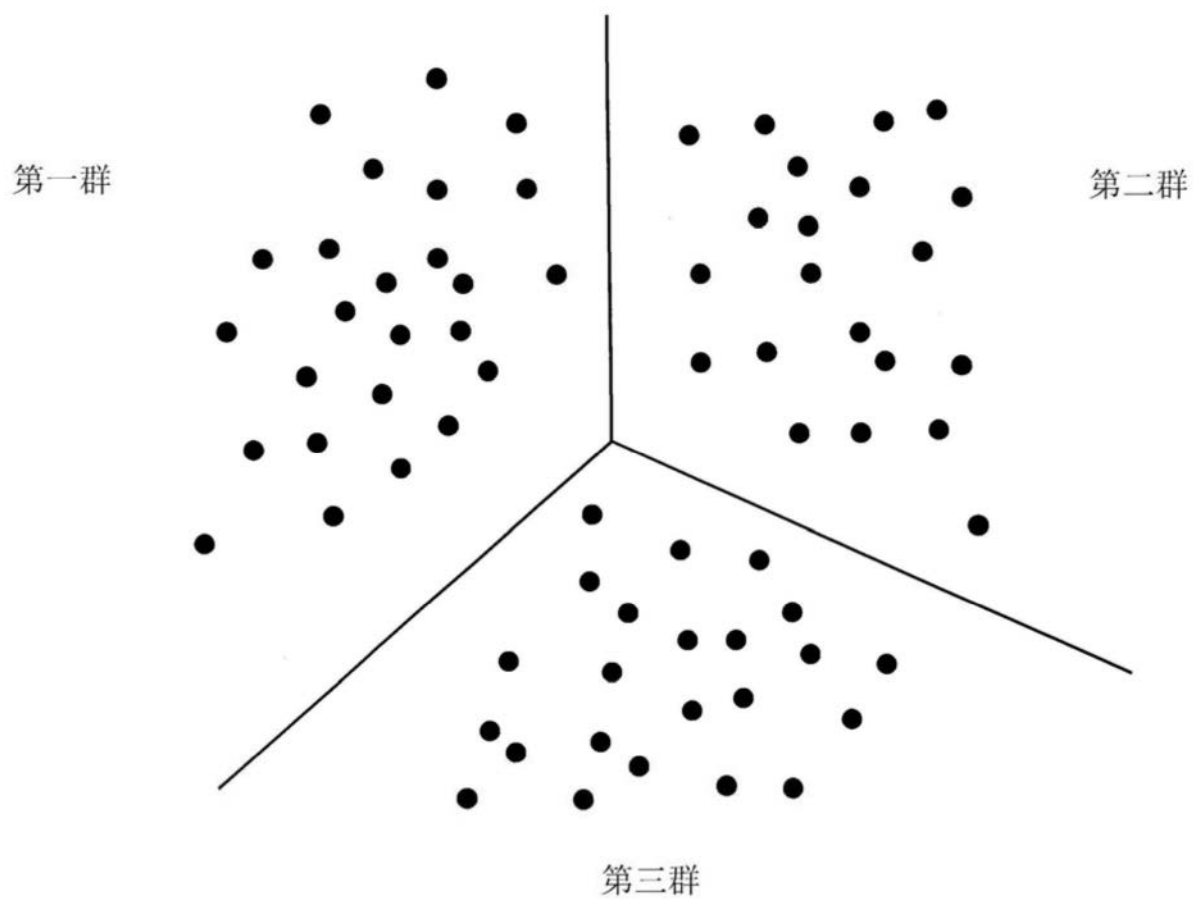


图21

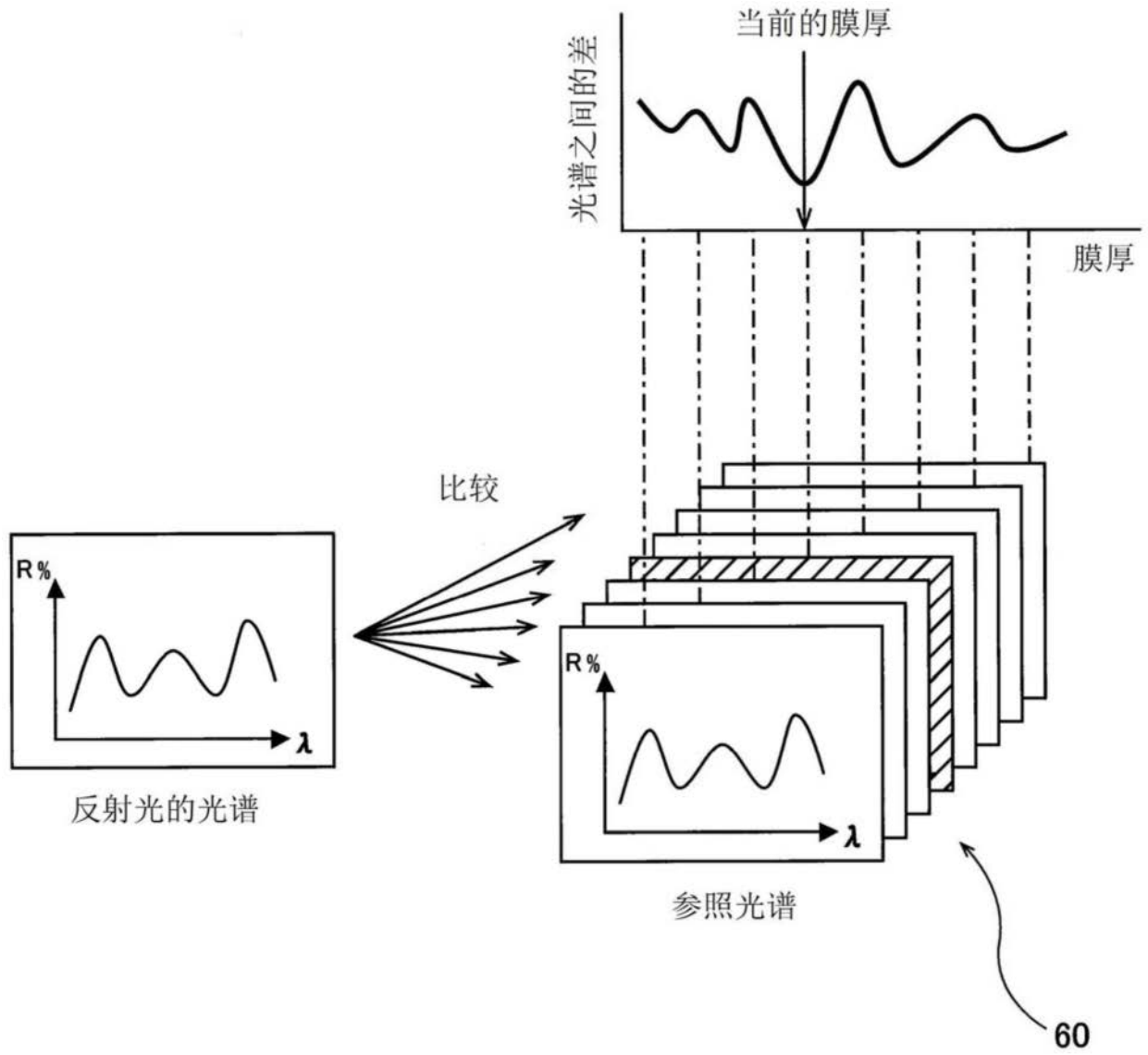


图22