



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120051352 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 27

(21) 申请号 202280101103.X

(22) 申请日 2022.11.07

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.04.15

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/041449 2022.11.07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/100738 JA 2024.05.16

(71) 申请人 株式会社尼康
地址 日本东京品川区西大井1-5-20

(72) 发明人 增井仁 井上裕彦 石川贵悠
中俊介 菅原一真 花岛悠一
谷泽优介 茂庭博明 山本幸三
龟井祐希 森田乔之 根岸武利
早川宗汰

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

专利代理师 胡林岭

(51) Int.Cl.
B23Q 17/24 (2006.01)

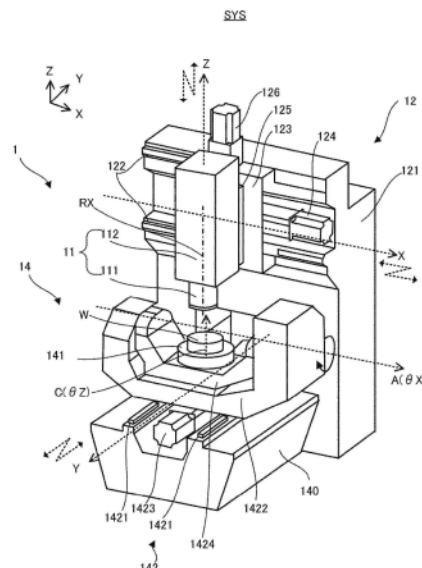
权利要求书12页 说明书167页 附图47页

(54) 发明名称

测量系统、机床、光学装置、测量方法、计算机程序及记录介质

(57) 摘要

一种光学装置,在使载置工件的载台与加工头移动,同时利用能够装卸地组装在加工头的主轴上的工具对工件进行加工的机床中,代替工具而组装在主轴上,所述光学装置包括:方向变更构件,能够变更测量光的行进方向;以及受光部,接收通过对多个基准构件的各个照射利用方向变更构件变更了行进方向的测量光而产生的、来自多个基准构件的各个的返回光,受光部接收通过对多个基准构件中的配置在载台上所載置的工件上的至少一个基准构件、以及配置在载台上所載置的工件或载台上的其他至少一个基准构件的各个照射测量光而产生的返回光。



1. 一种光学装置,在使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工的机床中,代替所述工具而组装在所述主轴上,

所述光学装置包括:

方向变更构件,能够变更测量光的行进方向;以及

受光部,接收通过对多个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光,

所述受光部接收通过对所述多个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的其他至少一个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光。

2. 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述测量系统包括:

光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且具有能够变更测量光的行进方向的方向变更构件,所述光学装置接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光;以251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT及

运算部,基于组装在所述主轴上的所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,

所述光学装置接收通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光。

3. 根据权利要求2所述的测量系统,其中,

所述运算部基于所算出的所述光学装置的位置,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

4. 根据权利要求3所述的测量系统,其中,

所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,生成用于修正所述载台的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

5. 根据权利要求2至4中任一项所述的测量系统,其中,

每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述至少四个基准构件的各251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT个的返回光的受光结果,算出所述光学装置在所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的位置。

6. 根据权利要求5所述的测量系统,其中,

所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述空间中的所述加工头的移动中产生

的移动误差相关的信息中的至少一者。

7. 根据权利要求6所述的测量系统, 其中,

所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置, 生成用于修正所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

8. 根据权利要求6或7所述的测量系统, 其中,

在所述光学装置位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下, 每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时, 所述光学装置接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息, 生成与所述第二空间中的所述移动误差相关的信息, 所述与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息是基于所述光学装置位于所述第一空间的状况下的所述光学装置中的受光结果而生成。

9. 根据权利要求8所述的运算系统, 其中,

当将所述至少四个基准构件设为第二基准构件群组, 将所述工件未载置在所述载台时、配置在所述载台上的至少四个基准构件设为第一基准构件群组时,

在所述工件未载置在所述载台的第一状况下, 每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时, 所述光学装置接收通过对所述第一基准构件群组的各个基准构件照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述第一基准构件群组的各个基准构件的返回光, 在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下, 每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时, 所述光学装置接收通过对所述第二基准构件群组的各个基准构件照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述第二基准构件群组的各个基准构件的返回光,

所述运算部基于如下的与所述移动误差相关的信息、即基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果而生成的与所述移动误差相关的信息、以及如下的与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息、即基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果而生成的与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息, 生成与在所述工件载置在所述载台上的状况下产生的所述第二空间中的所述移动误差相关的信息。

10. 根据权利要求9所述的测量系统, 其中,

251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT所述第一状况下是所述光学装置位于第三空间的状况, 所述第三空间包含在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间、以及在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间以外的空间。

11. 根据权利要求2至10中任一项所述的测量系统, 其中,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果, 算出配置在所述载台上所载置的所述工件上的所述至少一个基准构件的位置。

12. 根据权利要求11所述的测量系统, 其中,

所述运算部

生成基于每当所述载台移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所

述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述载台移动到互不相同的多个位置的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及基于每当所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者，

基于所生成的所述空间中的所述移动误差、以及来自配置在所述工件上的所述至少一个基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果，算出所述至少一个基准构件的位置。

13. 根据权利要求2至12中任一项所述的测量系统，其中，

251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，算出所述工件的位置。

14. 根据权利要求2至13中任一项所述的测量系统，其中，

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

15. 根据权利要求13或14所述的测量系统，其中，

所述至少一个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上，

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，算出所述工件的所述基准要素的位置作为所述工件的位置。

16. 根据权利要求2至15中任一项所述的测量系统，其中，

所述至少四个基准构件中的至少两个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件上，

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，算出配置在所述载台上所载置的所述工件上的所述至少两个基准构件各自的位置。

17. 根据权利要求16所述的测量系统，其中，

所述运算部生成基于每当所述载台移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述载台移动到互不相同的多个位置的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及基于每当所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者，

所述运算部基于所生成的所述空间中的所述移动误差、以及来自配置在所述工件上的所述至少两个基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果，算出所述至少两个基准构件的位置。

18. 根据权利要求2至17中任一项所述的测量系统，其中，

所述至少四个基准构件中的至少两个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件上，

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

19. 根据权利要求18所述的测量系统，其中，

所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

20. 根据权利要求18或19所述的测量系统,其中,

所述至少两个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的251813 1PWCN; 154419-CN-1543-PCT各个的返回光的受光结果,算出所述工件的所述基准要素的位置,

所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

21. 根据权利要求2至20中任一项所述的测量系统,其中,

所述运算部基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置。

22. 根据权利要求2至21中任一项所述的测量系统,其中,

所述至少四个基准构件为至少四个第一基准构件,

所述光学装置在第一时刻以及与所述第一时刻不同的第二时刻的各个时刻,对第二基准构件照射所述测量光,并基于由此产生的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述第二基准构件的距离,

所述运算部基于如下的所述加工头的位置之差、即所述第一时刻下的基于来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离、和所述第二时刻下的基于来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离变得大致相同时的所述加工头的位置之差、以及所述光学装置对来自所述至少四个第一基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,

所述第二基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述251813 1PWCN; 154419-CN-1543-PCT载台上,

所述第二基准构件是与所述至少四个第一基准构件中的至少一个相同的基准构件,或者所述第二基准构件是与所述至少四个第一基准构件的各个不同的基准构件。

23. 根据权利要求2至22中任一项所述的测量系统,其中,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,算出所述光学装置的位置。

24. 根据权利要求23所述的测量系统,其中,

所述运算部基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,算出所述光学装置的位置。

25. 根据权利要求23或24所述的测量系统, 其中,

所述至少四个基准构件为至少四个第一基准构件,

所述光学装置在第一时刻以及与所述第一时刻不同的第二时刻的各个时刻, 对第二基准构件照射所述测量光, 并基于由此产生的来251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT自所述第二基准构件的返回光的受光结果, 算出所述光学装置与所述第二基准构件的距离,

所述运算部基于如下的所述加工头的位置之差、即所述第一时刻下的基于来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离、和所述第二时刻下的基于来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离变得大致相同时的所述加工头的位置之差、以及所述光学装置对来自所述至少四个第一基准构件的各个的返回光的受光结果, 算出所述光学装置与所述至少四个第一基准构件的各个的距离,

所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述至少四个第一基准构件的各个的距离, 算出所述光学装置的位置,

所述第二基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,

所述第二基准构件是与所述至少四个第一基准构件中的至少一个相同的基准构件, 或者所述第二基准构件是与所述至少四个第一基准构件的各个不同的基准构件。

26. 根据权利要求22至24中任一项所述的测量系统, 其中,

所述光学装置的位置作为算出所述距离的基准的所述光学装置侧的基准点。

27. 根据权利要求2至26中任一项所述的测量系统, 其中,

所述运算部对所述方向变更构件进行控制, 以通过所述方向变更251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,

所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果, 算出所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向,

所述运算部基于进行所述算出而得的方向对所述方向变更构件进行控制, 以对所述至少四个基准构件的各个照射所述测量光。

28. 根据权利要求27所述的测量系统, 其中,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果, 算出分别存在所述至少四个基准构件且比所述第一区域小的至少四个第二区域相对于所述光学装置的方向,

所述运算部基于所述至少四个第二区域的方向对所述方向变更构件进行控制, 以利用所述测量光对所述至少四个第二区域的各个进行扫描,

所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述至少四个第二区域的各个进行扫描而产生的来自所述至少四个第二区域的各个的返回光,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个第二区域的各个的返回光的受光结果, 算出所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向。

29. 根据权利要求27或28所述的测量系统, 其中,

251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT当将进行所述算出而得的所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向设为所述载台与所述加工头的相对位置关系为第一位置关系的情况下的、所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向时，

所述运算部基于为所述第一位置关系的情况下的所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向、以及将所述载台与所述加工头的相对位置关系从所述第一位置关系变更为第二位置关系所需的所述载台与所述加工头中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者，算出为所述第二位置关系的情况下的所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向，

在为所述第二位置关系的情况下，所述运算部基于所算出的所述至少四个基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制，以对所述至少四个基准构件的各个照射所述测量光，

所述光学装置接收在为所述第二位置关系的情况下通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光。

30. 根据权利要求29所述的测量系统，其中，

所述运算部基于为所述第一位置关系的情况下的所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向、以及从所述第一位置关系变更为所述第二位置关系所需的所述载台与所述加工头中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者，算出为所述第二位置关系的情况下的、分别存在所述至少四个基准构件且比所述第一区域小的至少四个251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT第二区域相对于所述光学装置的方向，

在为所述第二位置关系的情况下，所述运算部基于所算出的所述至少四个第二区域相对于所述光学装置的方向对所述方向变更构件进行控制，以利用所述测量光对所述至少四个第二区域的各个进行扫描，

所述光学装置接收在为所述第二位置关系的情况下通过利用所述测量光对所述至少四个第二区域的各个进行扫描而产生的来自所述至少四个第二区域的各个的返回光，

所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少四个第二区域的各个的返回光的受光结果，算出为所述第二位置关系的情况下的所述至少四个基准构件相对于所述光学装置的方向。

31. 根据权利要求29或30所述的测量系统，其中，

所述运算部

基于所述第一位置关系下的、所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果、以及所述第二位置关系下的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，算出所述第一位置关系下的所述光学装置的位置、以及所述第二位置关系下的所述光学装置的位置，

基于所算出的所述第一位置关系下的所述光学装置的位置、以及所算出的所述第二位置关系下的所述光学装置的位置，算出随着从所述第一位置关系向所述第二位置关系的变更而所述载台或所述加工头移动过的空间中的所述移动误差。

32. 根据权利要求2至31中任一项所述的测量系统，其中，

所述载台或所述加工头的移动包含沿着相互正交的第一平移轴、第二平移轴及第三平移轴中的至少一个的平移移动，

每当所述载台或所述加工头平移移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于每当所述载台或所述加工头平移移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置在所述载台或所述加工头平移移动到互不相同的多个位置的空间中的位置,

所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述空间中的所述载台的平移移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述空间中的所述加工头的平移移动中产生的移动误差相关的信息。

33. 根据权利要求32所述的测量系统,其中,

每当所述加工头沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于每当所述加工头平移移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置在沿着所述第一平移轴至所述第251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置的空间中的位置,

所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,算出与所述空间中的所述加工头沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个的平移移动中产生的移动误差相关的信息。

34. 根据权利要求32或33所述的测量系统,其中,

每当所述载台沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收来自随着所述载台的平移移动而移动的所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于每当所述载台平移移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置的空间中的、所述光学装置相对于所述至少四个基准构件中的至少一个基准构件的位置,

所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,算出所述空间中的所述载台沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个的平移移动中产生的移动误差。

35. 根据权利要求32至34中任一项所述的测量系统,其中,

所述载台或所述加工头的移动除了包含所述平移移动之外,还包含绕相互正交的第一旋转轴、第二旋转轴及第三旋转轴中的至少一个的旋转移动,

251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT每当所述载台或所述加工头绕第一旋转轴至第三旋转轴中的至少一个旋转移到互不相同的多个位置时,所述光学装置在所述载台与所述加工头的相对位置关系互不相同的至少三个位置关系的各个下,接收通过对至少三个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少三个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于所述光学装置对在所述至少三个位置关系的各个下接收的来自所述至少三个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出每次所述旋转移动时的所述至少三个

基准构件各自的位置，

所述运算部基于所算出的每次所述旋转移动的所述至少三个基准构件各自的位置，算出所述加工头绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差、及所述载台绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差中的至少一者，

所述至少三个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上，

所述至少三个基准构件中的至少一个是与所述至少四个基准构件中的至少一个相同的基准构件，或者所述至少三个基准构件中的各个是与所述至少四个基准构件中的各个不同的基准构件，

所述载台或所述加工头基于与所述平移移动中产生的移动误差相关的信息而被定位成所述至少三个位置关系。

36. 根据权利要求2至35中任一项所述的测量系统，其中，

251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT

所述光学装置在所述机床开始对所述工件进行加工之前，接收在将所述工件载置在所述载台上的状况下通过对至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光，

所述运算部基于在所述机床开始对所述工件进行加工之前所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果，算出所述光学装置的位置。

37. 根据权利要求2至36中任一项所述的测量系统，其中，

所述光学装置对所述至少四个基准构件中的一个基准构件照射沿着所述光学装置与所述工件之间的一个光路行进的所述测量光，

所述光学装置接收通过对所述一个基准构件照射所述测量光而产生的来自所述一个基准构件的光中的沿着所述一个光路行进的光作为所述返回光。

38. 根据权利要求2至37中任一项所述的测量系统，其中，

所述测量光为平行光。

39. 根据权利要求2至38中任一项所述的测量系统，其中，

所述测量系统还包括光检测器，所述光检测器对因所述光学装置接收到的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光与参照光发生干涉而产生的干涉光进行检测。

40. 根据权利要求39所述的测量系统，其中，

所述光检测器配置在所述光学装置的内部。

41. 根据权利要求39所述的测量系统，其中，

251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT所述光检测器配置在所述光学装置的外部。

42. 根据权利要求2至41中任一项所述的测量系统，其中，

所述方向变更构件具有反射构件，

所述反射构件能够通过绕旋转轴旋转来变更所述测量光的行进方向，所述旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉。

43. 根据权利要求42所述的测量系统，其中，

所述光学装置还包括照射光学系统，所述照射光学系统将从所述方向变更构件射出的所述测量光照射到所述工件，

在所述反光镜绕所述旋转轴旋转的情况下,从所述照射光学系统射出的所述测量光的偏转角比从所述方向变更构件射出的所述测量光的偏转角大。

44. 根据权利要求43所述的测量系统,其中,

所述照射光学系统包括形成所述反射构件的实像的第一光学系统、或形成所述反射构件的虚像的第二光学系统。

45. 根据权利要求42至44中任一项所述的测量系统,其中,

所述旋转轴为第一旋转轴,

所述反射构件能够通过绕第二旋转轴旋转来变更所述测量光的行进方向,所述第二旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉,且与所述第一旋转轴交叉。

46. 根据权利要求42至45中任一项所述的测量系统,其中,

所述光学装置能够变更从所述方向变更构件射出的所述测量光251813 1PWCN; 154419-CN-1543-PCT的行进方向的变更范围。

47. 根据权利要求46所述的测量系统,其中,

所述光学装置能够通过变更所述方向变更构件相对于所述光学装置的组装角度,来变更所述测量光的行进方向的变更范围。

48. 根据权利要求46或47所述的测量系统,其中,

所述光学装置能够通过变更所述测量光入射到所述方向变更构件的入射方向,来变更所述测量光的行进方向的变更范围。

49. 根据权利要求48所述的测量系统,其中,

所述光学装置包括:

第一反射光学元件,以使所述测量光从第一入射方向入射到所述方向变更构件的方式,将所述测量光朝向所述方向变更构件反射;

第二反射光学元件,以使所述测量光从与所述第一入射方向不同的第二入射方向入射到所述方向变更构件的方式,将所述测量光朝向所述方向变更构件反射;以及

光路切换光学元件,在使所述测量光朝向所述第一反射光学元件的第一光路与使所述测量光朝向所述第二反射光学元件的第二光路之间切换所述测量光的光路,

从所述第一入射方向入射到所述方向变更构件的所述测量光被所述反射构件反射而在第一行进方向的变更范围中的行进方向上行进,

从所述第二入射方向入射到所述方向变更光学系统的所述测量光被所述反射构件反射而在与所述第一行进方向的变更范围至少部分不同的第二行进方向的变更范围中的行进方向上行进。

50. 根据权利要求42至49中任一项所述的测量系统,其中,

所述方向变更构件为第一方向变更构件,

所述反射构件为第一反射构件,

所述光学装置包括第二方向变更构件,所述第二方向变更构件能够使用第二反射构件来变更所述测量光的行进方向,所述第二反射构件能够绕第二旋转轴旋转,所述第二旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉,且与所述第一旋转轴交叉,

从所述第二方向变更构件射出的所述测量光入射到所述第一方向变更构件。

51. 根据权利要求49所述的测量系统, 其中,

所述光学装置还包括中继光学系统, 所述中继光学系统配置在所述第一方向变更构件及所述第二方向变更构件之间的所述测量光的光路上, 且使所述第一方向变更构件及所述第二方向变更构件成为在光学上共轭的关系。

52. 一种机床, 包括:

根据权利要求2至51中任一项所述的测量系统;

所述加工头;

所述载台; 以及

驱动装置, 使所述加工头与所述载置装置中的至少一者移动。

53. 一种测量方法, 用于机床中, 所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动, 同时利用能够装卸地组装在所述加工头的251813 1PWCN; 154419-CN-1543-PCT主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述测量方法包括:

利用代替所述工具而组装在所述主轴上的光学装置, 对至少四个基准构件的各个照射测量光;

由所述光学装置接收通过对所述至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光; 以及

基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果, 算出所述光学装置的位置,

所述至少四个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,

所述至少四个基准构件中的至少一个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

54. 一种计算机程序, 使计算机执行根据权利要求53所述的测量方法。

55. 一种记录介质, 记录有根据权利要求54所述的计算机程序。

56. 一种光学装置, 在使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动, 同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工的机床中, 代替所述工具而组装在所述主轴上,

所述光学装置包括:

方向变更构件, 能够变更测量光的行进方向; 以及

受光部, 接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向251813 1PWCN; 154419-CN-1543-PCT变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述受光部接收通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光,

所述受光部对所述返回光的受光结果用于算出所述光学装置的位置。

57. 一种机床, 使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动, 同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述机床

包括运算部,所述运算部基于光学装置的受光结果,算出所述光学装置的位置,所述光学装置代替所述工具而组装在所述主轴上,且接收通过对至少四个基准构件的各个照射测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,

所述运算部基于所述光学装置对所述返回光的所述受光结果,算出所述光学装置的位置,所述返回光是通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生。

58.一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述测量系统包括:

光学装置,在所述主轴位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

运算部,基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,算出所述第二空间中的与所述主轴相关的位置。

59.一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地安装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述测量系统包括:

光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且接收通过对配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

运算部,基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT述光学装置的位置。

60.一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述测量系统包括:

光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

运算部,基于组装在所述主轴上的所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,

所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,

所述运算部对所述方向变更构件进行控制,以通过所述方向变更构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,

所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,

所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向,

所述运算部基于所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制,以对所述基准构件照射所述测量光。

61.一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的251813 1PWCN;154419-CN-1543-PCT主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述测量系统包括:

光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且具有能够变更测量光的行进方向的方向变更构件,所述光学装置接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光;以及

运算部,基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,并基于所算出的所述距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。

62.根据权利要求61所述的测量系统,其中,

所述光学装置接收通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光。

63.根据权利要求61或62所述的测量系统,其中,

对所述机床进行控制的信息包含与所述载台或所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息。

64.根据权利要求61至63中任一项所述的测量系统,其中,

对所述机床进行控制的信息包含用于修正所述载台或所述加工头的移动误差的信息。

65.一种机床,使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

所述机床

包括运算部,所述运算部基于如下的光学装置、即代替所述工具而组装在所述主轴上且接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射测量光而产生的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

基于与所述载台及所述加工头中的至少一者的移动相关的指令值、以及所算出的所述距离,对所述载台及所述加工头中的至少一者进行控制。

66.根据权利要求65所述的机床,其中,

所述运算部基于所述光学装置对所述返回光的所述受光结果,算出所述距离,所述返回光是通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生。

测量系统、机床、光学装置、测量方法、计算机程序及记录介质

技术领域

[0001] 本发明例如涉及一种机床、以及用于机床的测量系统、测量方法、光学装置、测量方法、计算机程序及记录介质的技术领域。

背景技术

[0002] 在专利文献1中记载了一种算出在第一机械零件及第二机械零件的平移移动及旋转移动中产生的移动误差的机床。在此种机床中,适当地算出移动误差成为技术课题。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:美国专利公开第2018/0174317号公报

发明内容

[0006] 根据第一形态,提供一种光学装置,在使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工的机床中,代替所述工具而组装在所述主轴上,所述光学装置包括:方向变更构件,能够变更测量光的行进方向;以及受光部,接收通过对多个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光,所述受光部接收通过对所述多个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的其他至少一个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光。

[0007] 根据第二形态,提供一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述测量系统包括:光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且具有能够变更测量光的行进方向的方向变更构件,所述光学装置接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光;以及运算部,基于组装在所述主轴上的所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,所述光学装置接收通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光。

[0008] 根据第三形态,提供一种机床,包括:通过所述第一形态而提供的测量系统;所述加工头;所述载台;以及驱动装置,使所述加工头与所述载置装置中的至少一者移动。

[0009] 根据第四形态,提供一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述测量方法包括:利用代替所述工具而组装在所述主轴上的光学装置,对至少四个基准构件的各个照射测量光;由所述光学装置接收通过对所述至少四个基准构件的

各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光;以及基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,所述至少四个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,所述至少四个基准构件中的至少一个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0010] 根据第五形态,提供一种计算机程序,使计算机执行通过所述第四形态而提供的测量方法。

[0011] 根据第六形态,提供一种记录介质,记录有通过所述第五形态而提供的计算机程序。

[0012] 根据第七形态,提供一种光学装置,在使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工的机床中,代替所述工具而组装在所述主轴上,所述光学装置包括:方向变更构件,能够变更测量光的行进方向;以及受光部,接收通过对至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,所述受光部接收通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生的所述返回光,所述受光部对所述返回光的受光结果用于算出所述光学装置的位置。

[0013] 根据第八形态,提供一种机床,使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述机床包括运算部,所述运算部基于光学装置的受光结果,算出所述光学装置的位置,所述光学装置代替所述工具而组装在所述主轴上,且接收通过对至少四个基准构件的各个照射测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光,所述运算部基于所述光学装置对所述返回光的所述受光结果,算出所述光学装置的位置,所述返回光是通过对所述至少四个基准构件中的配置在所述载台上所载置的所述工件上的至少一个基准构件、以及配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的至少三个基准构件的各个照射所述测量光而产生。

[0014] 根据第九形态,提供一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述测量系统包括:光学装置,在所述主轴位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及运算部,基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,算出所述第二空间中的与所述主轴相关的位置。

[0015] 根据第十形态,提供一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述测量系统包括:光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且接收通过对配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的基准构件照射测量光而产生的

来自所述基准构件的返回光;以及运算部,基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置。

[0016] 根据第十一形态,提供一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述测量系统包括:光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及运算部,基于组装在所述主轴上的所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,所述运算部对所述方向变更构件进行控制,以通过所述方向变更构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向,所述运算部基于所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制,以对所述基准构件照射所述测量光。

[0017] 根据第十二形态,提供一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述测量系统包括:光学装置,代替所述工具而组装在所述主轴上,且具有能够变更测量光的行进方向的方向变更构件,所述光学装置接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光;以及运算部,基于所述光学装置对来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,并基于所算出的所述距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。

[0018] 根据第十三形态,提供一种机床,使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,所述机床包括运算部,所述运算部基于如下的光学装置、即代替所述工具而组装在所述主轴上且接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射测量光而产生的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,所述机床基于与所述载台及所述加工头中的至少一者的移动相关的指令值、以及所算出的所述距离,对所述载台及所述加工头中的至少一者进行控制。

[0019] 本发明的作用及其他利益根据接下来说明的实施方式而明确。

附图说明

[0020] 图1是表示本实施方式中的加工系统的外观的立体图。

[0021] 图2是表示本实施方式中的加工系统的系统结构的框图。

[0022] 图3是表示本实施方式中的加工头的结构的剖面图。

[0023] 图4是表示本实施方式中的加工头的结构的剖面图。

- [0024] 图5是表示本实施方式中的组装有测量装置(特别是测量头)的加工头的剖面图。
- [0025] 图6是表示本实施方式中的组装有测量装置(特别是测量头)的加工头的剖面图。
- [0026] 图7是表示对测量对象物照射测量光且接收来自测量对象物的返回光的光学系统的剖面图。
- [0027] 图8是表示本实施方式中的测量头所包括的光学系统的结构的剖面图。
- [0028] 图9是表示基准构件与对基准构件进行测量的测量头的剖面图。
- [0029] 图10的(a)是表示多个基准构件的俯视图,图10的(b)是表示多个基准构件的侧视图。
- [0030] 图11的(a)至图11的(e)分别是表示对基准构件照射测量光的测量头的侧视图。
- [0031] 图12是表示用于算出加工头及载台中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的移动误差算出动作的流程的流程图。
- [0032] 图13示意性地示出进行全局扫描的测量头。
- [0033] 图14示意性地示出进行局部扫描的测量头。
- [0034] 图15示出测量坐标系。
- [0035] 图16示出随着载台的移动而在机械坐标系内移动的测量坐标系。
- [0036] 图17示出三个测量点与四个基准构件。
- [0037] 图18示出测量坐标系中的测量点的位置。
- [0038] 图19示出机械坐标系中的测量点的位置。
- [0039] 图20示出机械坐标系中的移动误差。
- [0040] 图21是表示用于算出加工头及载台中的至少一者的旋转移移动中产生的移动误差的移动误差算出动作的流程的流程图。
- [0041] 图22示出测量头与基准构件的位置关系。
- [0042] 图23示出机械坐标系中的基准构件的位置。
- [0043] 图24示出机械坐标系中的移动误差。
- [0044] 图25是表示载台、工件以及测量头的位置关系的剖面图。
- [0045] 图26是表示载台、工件以及测量头的位置关系的剖面图。
- [0046] 图27示出通过插值算出的移动误差。
- [0047] 图28是表示载台、工件以及测量头的位置关系的剖面图。
- [0048] 图29示出通过插值算出的移动误差。
- [0049] 图30是表示载台、工件以及测量头的位置关系的剖面图。
- [0050] 图31示出将多个空间中的测量点的位置结合的情形。
- [0051] 图32的(a)示出在载台上未载置工件的第一状况下的测量头,图32的(b)示出在载台上载置有工件的第二状况下的测量头。
- [0052] 图33的(a)及图33的(b)分别是表示工件的基准要素与基准构件的俯视图及侧视图。
- [0053] 图34的(a)及图34的(b)分别是表示工件的基准要素与基准构件的侧视图及俯视图。
- [0054] 图35的(a)及图35的(b)分别示出工件的基准要素点。
- [0055] 图36的(a)及图36的(b)分别示出工件的基准要素点。

- [0056] 图37示出工件的基准要素点。
- [0057] 图38示意性地示出第四变形例中的加工系统的结构。
- [0058] 图39是表示第四变形例中的加工系统所包括的测量头的一例的剖面图。
- [0059] 图40的(a)及40的(b)分别是表示第四变形例中的加工系统所包括的测量头的一例的剖面图。
- [0060] 图41是表示测量头与基准构件的位置关系的剖面图。
- [0061] 图42的(a)及图42的(b)分别是表示旋转移动的载台、与追随旋转移动的载台上所配置的基准构件的测量头的剖面图。
- [0062] 图43是将根据载台正在旋转移动的状况下的基准构件的返回光算出的测量头与基准构件之间的距离与基准构件的移动轨迹相对应地表示出的图表。
- [0063] 图44是表示第七变形例中的测量头的第一具体例的剖面图。
- [0064] 图45的(a)及图45的(b)分别是表示第七变形例中的测量头的第二具体例的剖面图。
- [0065] 图46的(a)及图46的(b)分别是表示第七变形例中的测量头的第三具体例的剖面图。
- [0066] 图47是表示第七变形例中的测量头的第四具体例的剖面图。
- [0067] 图48是表示第七变形例中的测量头的第五具体例的剖面图。
- [0068] 图49是表示第七变形例中的测量头的第六具体例的剖面图。
- [0069] 图50示出位于远离主轴的旋转轴的位置的枢轴点。
- [0070] 图51的(a)至图51的(c)分别是表示在枢轴点位于主轴的旋转轴上的状况下主轴的姿势发生变化的情形的剖面图。
- [0071] 图52的(a)至图52的(c)分别是表示在远离主轴的旋转轴的位置枢轴点所处的状况下主轴的姿势发生变化的情形的剖面图。
- [0072] 图53是表示第九变形例的测量装置的结构剖面图。
- [0073] 图54是表示第九变形例中的测量装置的第一具体例的结构剖面图。
- [0074] 图55是表示第九变形例中的测量装置的第二具体例的结构剖面图。
- [0075] 图56是表示第九变形例中的测量装置的第三具体例的结构剖面图。
- [0076] 图57是表示反复进行对基准构件照射测量光且接收来自基准构件的返回光的单位测量动作的测量头的剖面图。
- [0077] 图58是表示反复进行对基准构件照射测量光且接收来自基准构件的返回光的单位测量动作的测量头的剖面图。
- [0078] 图59是表示第十一变形例中的加工系统的系统结构的框图。
- [0079] 图60是表示热膨胀的工件的剖面图。
- [0080] 图61的(a)至图61的(d)分别是表示温度传感器的一例的剖面图。
- [0081] 图62的(a)及图62的(b)分别是表示经由支撑构件而载置在载台上的工件的剖面图。
- [0082] 图63是表示基准构件FM与测量头及加工头的各个的位置关系的剖面图。
- [0083] 图64是表示基准构件FM与测量头及加工头的各个的位置关系的剖面图。
- [0084] 图65是表示第十二变形例中的加工系统的系统结构的框图。

- [0085] 图66是表示第十三变形例中的加工系统的系统结构的框图。
- [0086] 图67是表示第十四变形例中的加工系统的系统结构的框图。
- [0087] 附图标号说明
- [0088] 1:机床
- [0089] 11:加工头
- [0090] 111:主轴
- [0091] 112:头框体
- [0092] 113:工具
- [0093] 12:头驱动系统
- [0094] 13:位置测量装置
- [0095] 14:载台装置
- [0096] 141:载台
- [0097] 142:载台驱动系统
- [0098] 143:位置测量装置
- [0099] 16:加工控制装置
- [0100] 2:测量系统
- [0101] 20:测量装置
- [0102] 21:测量光源
- [0103] 22:测量头
- [0104] 221:头框体
- [0105] 222:光学系统
- [0106] 2228:检流计镜
- [0107] W:工件
- [0108] FM:基准构件
- [0109] ML:测量光
- [0110] RL:返回光
- [0111] RB:参照光

具体实施方式

[0112] 以下,参照附图,对测量系统、机床、光学装置、测量方法、计算机程序及记录介质的实施方式进行了说明。以下,使用能够对作为物体的一例的工件W进行加工的加工系统SYS,对测量系统、机床、光学装置、测量方法、计算机程序及记录介质的实施方式进行了说明。

[0113] 此外,在以下的说明中,使用由相互正交的X轴、Y轴及Z轴定义的XYZ正交坐标系即机械坐标系,对构成加工系统SYS的各种构成部件的位置关系进行说明。此外,在以下的说明中,为了便于说明,使用机械坐标系的X轴方向及Y轴方向分别为水平方向(即,水平面内的规定方向)、机械坐标系的Z轴方向为铅垂方向(即,与水平面正交的方向,实质上为上下方向)的例子开展说明。另外,也可将绕X轴、Y轴及Z轴的旋转方向(换句话说,倾斜方向)分别称为 θ_X 方向、 θ_Y 方向及 θ_Z 方向。

[0114] 另外,在以下的说明中,在无特别表述的情况下,X轴、Y轴及Z轴分别是指机械坐标

系中的X轴、机械坐标系中的Y轴及机械坐标系中的Z轴。

[0115] (1) 本实施方式中的加工系统SYS的结构

[0116] 首先,对本实施方式中的加工系统SYS的结构进行说明。

[0117] (1-1) 加工系统SYS的整体结构

[0118] 首先,参照图1及图2,对本实施方式中的加工系统SYS的整体结构进行说明。图1是表示本实施方式中的加工系统SYS(特别是机床1)的外观的立体图。图2是表示本实施方式中的加工系统SYS的系统结构的一例的框图。

[0119] 如图1及图2所示,加工系统SYS包括机床1与测量系统2。此外,在图1中省略了测量系统2的图示以便于观察附图。因此,也可视为图1主要表示机床1的外观。另外,也可将包括测量系统2的至少一部分与机床1的装置称为机床。即,机床1也可包括测量系统2的至少一部分。

[0120] (1-1-1) 机床1的结构

[0121] 机床1是能够对工件W进行加工的加工装置。为了对工件W进行加工,机床1包括:加工头11、头驱动系统12、头位置测量装置13、载台装置14、工具更换装置15、以及加工控制装置16。

[0122] 加工头11是用于对工件W进行加工的加工装置。加工头11包括主轴111与头框体112。以下,除了参照图1及图2之外,也参照图3及图4对加工头11进行说明。图3及图4分别是表示加工头11的结构的剖面图。此外,加工头11可简称为头,也可称为主轴头。此外,图1中作为一例而示出立式机床,但机床1并不限于立式机床。机床1也可为周知的任一种机床。例如,机床1可为卧式机床,也可为复合型机床。

[0123] 如图1及图3至图4所示,主轴111是能够绕旋转轴RX旋转的构件。在所述情况下,主轴111例如可为沿着旋转轴RX延伸的构件(即,具有长边形状的构件)。此外,在图1所示的例子中,主轴111的旋转轴RX与Z轴平行。然而,主轴111也可绕与Z轴交叉的旋转轴RX(例如与Z轴正交或相对于Z轴倾斜的旋转轴RX)旋转。主轴111也可称为心轴(spindle)。

[0124] 如图4所示,在主轴111能够组装用于对工件W进行加工的工具113(即,加工用的工具)。具体而言,如图3及图4所示,主轴111包括用于组装工具113的组装部1111。工具113经由组装部1111组装在主轴111上。组装在组装部1111上的工具113能够从组装部1111拆卸。即,工具113能够装卸地组装在主轴111上。

[0125] 此外,本实施方式中的“第一物体组装在第二物体上”的状态也可包含“第一物体直接组装在第二物体上(即,第一物体以第一物体接触到第二物体的方式组装在第二物体上)”的状态、及“第一物体间接组装在第二物体上(即,第一物体在第一物体不接触到第二物体的情况下组装在第二物体上)”的状态中的至少一者。“第一物体间接组装在第二物体上”的状态可包含“第一物体经由与第一物体及第二物体不同的第三物体而组装在第二物体上”的状态。

[0126] 在图3及图4所示的例子中,主轴111在主轴111的前端(具体而言,工件W侧的前端)包括形成有供工具113嵌入(或插入)的孔1112(例如锥状的孔)的组装部1111。在所述情况下,通过将具有与孔1112互补的形状的工具113的柄1131嵌入(或插入)组装部1111的孔1112,工具113组装在主轴111上。组装部1111也可保持组装在组装部1111上的工具113。在所述情况下,为了保持工具113,组装部1111可包括机械卡盘、静电卡盘、油压卡盘及真空吸

附卡盘等中的至少一个。

[0127] 当主轴111在工具113组装在主轴111上的状态下旋转时,工具113也绕旋转轴RX旋转。其结果,旋转的工具113接触到工件W,由此对工件W进行加工。如此,机床1(特别是加工头11)可使用主轴111及工具113对工件W进行机械加工。

[0128] 头框体112是收容主轴111的框体。头框体112可将主轴111收容在头框体112的内部所形成的收容空间中。收容在头框体112中的主轴111也可经由未图示的轴支撑构件(例如轴承(bearing))而由头框体112支撑。

[0129] 再回到图1及图2中,头驱动系统12使加工头11移动。此外,头驱动系统12也可称为驱动装置。头驱动系统12例如可使加工头11沿着X轴、Y轴及Z轴中的至少一个移动。即,头驱动系统12例如可使加工头11沿着如下平移轴、即沿着X轴的平移轴、沿着Y轴的平移轴及沿着Z轴的平移轴中的至少一个平移轴移动。此外,也可将沿着如下平移轴、即沿着X轴的平移轴、沿着Y轴的平移轴及沿着Z轴的平移轴中的至少一个的移动称为平移移动。另外,在以下的说明中,将沿着X轴的平移轴、沿着Y轴的平移轴及沿着Z轴的平移轴分别称为平移轴(X)、平移轴(Y)及平移轴(Z)。另外,在以下的说明中,在无特别说明的情况下,平移轴可指平移轴(X)、平移轴(Y)及平移轴(Z)中的至少一个。

[0130] 头驱动系统12例如可使加工头11在沿着X轴的平移轴、沿着Y轴的平移轴及沿着Z轴的平移轴中的至少一个的基础上或代替其而沿着 θX 方向、 θY 方向及 θZ 方向中的至少一个移动。即,头驱动系统12可在使加工头11沿着如下平移轴、即沿着X轴的平移轴、沿着Y轴的平移轴及沿着Z轴的平移轴中的至少一个平移轴移动的基础上或代替其而使加工头11绕沿着X轴的旋转轴、沿着Y轴的旋转轴及沿着Z轴的旋转轴中的至少一个旋转轴旋转。此外,可将沿着 θX 方向(绕沿着X轴的旋转轴的方向)、 θY 方向(绕沿着Y轴的旋转轴的方向)及 θZ 方向(绕沿着Z轴的旋转轴的方向)中的至少一个的移动称为旋转移动。另外,在以下的说明中,将绕X轴的旋转轴、绕Y轴的旋转轴及绕Z轴的旋转轴分别称为旋转轴(X)、旋转轴(Y)及旋转轴(Z)。另外,在以下的说明中,在无特别说明的情况下,旋转轴也可指旋转轴(X)、旋转轴(Y)及旋转轴(Z)中的至少一个。此外,使加工头11沿着绕旋转轴的旋转方向移动的动作也可视为与变更加工头11的姿势的动作等效。

[0131] 在图1所示的例子中,头驱动系统12使加工头11分别沿着平移轴(X)及平移轴(Z)移动。在所述情况下,头驱动系统12例如可包括:立柱121,是从作为后述的载台装置14的基台的底座140沿着Z轴向上方延伸的壁状构件;X引导构件122,组装(或形成)在立柱121上且沿着X轴延伸;X块构件123,组装在X引导构件122上且能够沿着X引导构件122移动;伺服马达124,产生用于使X块构件123移动的驱动力;Z引导构件125,组装(或形成)在X块构件123上且沿着Z轴延伸;Z块构件(在图1中未图示),组装在Z引导构件125上且能够沿着Z引导构件125移动;以及伺服马达126,产生用于使Z块构件移动的驱动力。加工头11(特别是头框体112)也可组装在Z块构件上。其结果,加工头11与X块构件123的移动一并沿平移轴(X)移动,且与Z块构件的移动一并沿着平移轴(Z)移动。

[0132] 当头驱动系统12使加工头11移动时,加工头11与后述的载台141(进而,载置在载台141上的工件W)的相对位置关系发生改变。因此,加工头11进行加工的加工位置与工件W的相对位置关系发生改变。即,加工位置相对于工件W移动。机床1可使加工头11移动,同时对工件W进行加工。具体而言,机床1可通过使加工头11移动而在工件W的期望位置设定加工

位置,同时对工件W的期望位置进行加工。但是,在通过使后述的载台141移动而可在工件W的期望位置设定加工位置的情况下,机床1也可在不使加工头11移动的情况下对工件W进行加工。

[0133] 头位置测量装置13能够测量加工头11的位置。作为头位置测量装置13的一例,可列举编码器。

[0134] 载台装置14包括底座140、载台141以及载台驱动系统142。载台141及载台驱动系统142由底座140支撑。

[0135] 在载台141上载置工件W。因此,载台141也可称为载置装置。载台141能够支撑载置在载台141上的工件W。载台141也能够保持载置在载台141上的工件W。在所述情况下,为了对工件W进行保持,载台141可包括机械卡盘、静电卡盘及真空吸附卡盘等中的至少一个。

[0136] 载台141配置在能够与加工头11(特别是主轴111)相向的位置。在图1所示的例子中,载台141配置在加工头11(特别是主轴111)的下方。但是,载台141也可配置在与加工头11(特别是主轴111)的下方的位置不同的位置。

[0137] 载台驱动系统142使载台141移动。此外,载台驱动系统142也可称为驱动装置。载台驱动系统142例如可使载台141沿着X轴、Y轴及Z轴中的至少一个移动。即,载台驱动系统142例如可使载台141沿着平移轴(X)、平移轴(Y)及平移轴(Z)中的至少一个移动。

[0138] 例如,载台驱动系统142可在使载台141沿着平移轴(X)、平移轴(Y)及平移轴(Z)中的至少一个的基础上或代替其而沿着 θX 方向、 θY 方向及 θZ 方向中的至少一个移动。即,载台驱动系统142可在使载台141沿着平移轴(X)、平移轴(Y)及平移轴(Z)中的至少一个移动的基础上或代替其而使载台141绕旋转轴(X)、旋转轴(Y)及旋转轴(Z)中的至少一个旋转轴旋转。此外,使载台141沿着绕旋转轴(X)、旋转轴(Y)及旋转轴(Z)中的至少一个旋转轴的旋转方向移动的动作也可视为与变更载台141的姿势的动作等效。

[0139] 在图1所示的例子中,载台驱动系统142使载台141沿着平移轴(Y)移动,且使载台141分别绕旋转轴(X)及旋转轴(Z)旋转。在所述情况下,载台驱动系统142例如可包括:Y引导构件1421,组装(或形成)在底座140上且沿着Y轴延伸;耳轴(trunnion)(Y块构件)1422,组装在Y引导构件1421上且能够沿着Y引导构件1421移动;伺服马达1423,产生用于使耳轴1422移动的驱动力;摇架(cradle)1424,组装在耳轴1422上且能够相对于耳轴1422绕旋转轴(X)旋转;以及未图示的伺服马达,产生用于使摇架1424旋转的驱动力。载台141可组装在摇架1424上,使得能够使用由未图示的伺服马达产生的驱动力相对于摇架1424绕旋转轴(Z)旋转。其结果,载台141与耳轴1422的移动一并沿着平移轴(Y)移动,与摇架1424的旋转一并绕旋转轴(X)旋转,且绕旋转轴(Z)旋转。此外,在所述情况下,也可将旋转轴(X)称为A轴。另外,也可将旋转轴(Z)称为C轴。

[0140] 当载台驱动系统142使载台141移动时,加工头11与载台141(进而,载置在载台141上的工件W)的相对位置关系发生改变。因此,加工头11进行加工的加工位置与工件W的相对位置关系发生改变。即,加工位置相对于工件W移动。机床1可使载台141移动,同时对工件W进行加工。具体而言,机床1可通过使载台141移动而在工件W的期望位置设定加工位置,同时对工件W的期望位置进行加工。但是,在通过使所述加工头11移动而可在工件W的期望位置设定加工位置的情况下,机床1也可在不使载台141移动的情况下对工件W进行加工。

[0141] 位置测量装置143能够测量载台141的位置。作为位置测量装置143的一例,可列举

编码器。

[0142] 工具更换装置15是能够更换组装在主轴111上的工具113的装置。例如,工具更换装置15可从收容有多个工具113的未图示的工具库(tool magazine)中取出应组装在主轴111上的一个工具113,并将所取出的一个工具113组装在主轴111上。即,工具更换装置15可作为能够将工具113组装在主轴111上的组装装置发挥功能。工具更换装置15也可从主轴111拆卸已组装在主轴111上的工具113,并将所拆卸的工具113收容在未图示的工具库中。即,工具更换装置15也可作为能够从主轴111拆卸工具113的拆卸装置发挥功能。此外,在加工中心等中使用的自动工具更换装置(ATC:Automatic Tool Changer)也可用作工具更换装置15。

[0143] 加工控制装置16对机床1的动作进行控制。例如,加工控制装置16可对机床1所包括的加工头11的动作(例如,主轴111的旋转)进行控制。例如,加工控制装置16也可对机床1所包括的头驱动系统12的动作(例如,加工头11的移动)进行控制。例如,加工控制装置16也可对机床1所包括的载台驱动系统142的动作(例如,载台141的移动)进行控制。例如,加工控制装置16也可对机床1所包括的工具更换装置15的动作(即,组装在主轴111上的工具113及测量头22的更换)进行控制。

[0144] 加工控制装置16例如可包括运算装置与存储装置。如此包括运算装置的加工控制装置16也可称为运算部。运算装置例如可包括中央处理器(Central Processing Unit, CPU)及图形处理器(Graphics Processing Unit, GPU)中的至少一者。存储装置例如可包括存储器。加工控制装置16通过运算装置执行计算机程序而作为对机床1的动作进行控制的装置发挥功能。所述计算机程序是用于使运算装置进行(即,执行)加工控制装置16应进行的后述动作的计算机程序。即,所述计算机程序是用于使加工控制装置16发挥功能以使机床1进行后述动作的计算机程序。运算装置执行的计算机程序可记录在加工控制装置16所包括的存储装置(即,记录介质)中,也可记录在加工控制装置16中内置的或能够外接在加工控制装置16的任意的存储介质(例如硬盘或半导体存储器)中。或者,运算装置也可经由网络接口而从加工控制装置16的外部的装置下载应执行的计算机程序。此外,加工控制装置16也可不包括存储装置。

[0145] 加工控制装置16也可不设置在机床1的内部。例如,加工控制装置16也可作为服务器等设置在机床1外。在所述情况下,加工控制装置16与机床1可通过有线网络和/或无线网络(或者数据总线和/或通信线路)连接。作为有线网络,例如可采用使用以电气与电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485及通用串行总线(universal serial bus, USB)中的至少一个为代表的串行总线方式的接口的网络。作为有线网络,也可采用使用并行总线方式的接口的网络。作为有线网络,也可采用使用依据以10BASE-T、100BASE-TX及1000BASE-T中的至少一个为代表的以太网(注册商标)的接口的网络。作为无线网络,可采用使用电波的网络。作为使用电波的网络的一例,可列举依据IEEE802.1x的网络(例如,无线局域网(local area network, LAN)及蓝牙(Bluetooth)(注册商标)中的至少一者)。作为无线网络,也可采用使用红外线的网络。作为无线网络,也可采用使用光通信的网络。在所述情况下,加工控制装置16与机床1也可构成能够经由网络进行各种信息的收发。另外,加工控制装置16也能够经由网络向机床1发送命令或控制参数等信息。机床1也可包括经由所述网络接收来自加工

控制装置16的命令或控制参数等信息的接收装置。机床1也可包括经由所述网络向加工控制装置16发送命令或控制参数等信息的发送装置(即,向加工控制装置16输出信息的输出装置)。或者,也可在机床1的内部设置进行加工控制装置16所进行的处理中的一部分的第二控制装置,另一方面,在机床1的外部设置进行加工控制装置16所进行的处理中的另一部分的第二控制装置。

[0146] 在加工控制装置16内,可通过运算装置执行计算机程序来安装能够通过机器学习构筑的运算模型。作为能够通过机器学习构筑的运算模型的一例,例如可列举包含神经网络的运算模型(所谓的人工智能(AI:Artificial Intelligence))。在所述情况下,运算模型的学习可包含神经网络的参数(例如,权重及偏置(bias)中的至少一个)的学习。加工控制装置16也可使用运算模型对机床1的动作进行控制。即,对机床1的动作进行控制的动作也可包括使用运算模型对机床1的动作进行控制的动作。此外,在加工控制装置16中,也可安装通过使用了教师数据的离线的机器学习而构筑完成的运算模型。另外,加工控制装置16所安装的运算模型也可在加工控制装置16上通过在线的机器学习进行更新。或者,加工控制装置16可在加工控制装置16所安装的运算模型的基础上或代替其而使用加工控制装置16的外部的装置(特别是设置在机床1的外部的装置)所安装的运算模型对机床1的动作进行控制。

[0147] 此外,作为记录加工控制装置16执行的计算机程序的记录介质,可使用光盘只读存储器(Compact Disc Read Only Memory,CD-ROM)、可录光盘(Compact Disc Recordable,CD-R)、可重写光盘(Compact Disc ReWritable,CD-RW)或软盘(flexibledisk)、磁光盘(Magnet Optical,MO)、多用途数字光盘只读存储器(Digital Versatile Disc Read Only Memory,DVD-ROM)、多用途数字光盘随机存取存储器(Digital Versatile Disc Random Access Memory,DVD-RAM)、可录多用途数字光盘(Digital Versatile Disc-Recordable,DVD-R)、DVD+R、可重写多用途数字光盘(Digital Versatile Disc-ReWritable,DVD-RW)、DVD+RW及蓝光(Blu-ray)(注册商标)等光盘、磁带等磁介质、光磁盘、USB存储器等半导体存储器、以及其他能够保存程序的任意介质中的至少一个。记录介质中可包括能够对计算机程序进行记录的设备(例如,以能够以软件及固件等中的至少一者的形态来执行的状态安装有计算机程序的通用设备或专用设备)。进而,计算机程序中所含的各处理或功能可由通过加工控制装置16(即,计算机)执行计算机程序而在加工控制装置16内实现的逻辑处理块来实现,也可由加工控制装置16所包括的规定的门阵列(现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)、专用集成电路(Application Specific Integrated Cricuit,ASIC))等硬件来实现,还可以逻辑处理块与实现硬件的一部分要素的部分硬件模块混合的形式来实现。

[0148] (1-1-2) 测量系统2的结构

[0149] 测量系统2能够对测量对象物进行测量。为了对测量对象物进行测量,测量系统2包括测量装置20与测量控制装置24。

[0150] 测量装置20能够对测量对象物进行测量。例如,测量装置20可为能够对测量对象物的特性进行测量。测量对象物的特性例如可包含测量对象物的位置、测量对象物的形状、测量装置20与测量对象物之间的距离、从测量装置20观察到的测量对象物的方向、测量对象物的反射率、测量对象物的透射率、测量对象物的温度、测量对象物的内部结构、以及测

量对象物的表面粗糙度中的至少一个。

[0151] 在以下的说明中,使用测量装置20至少对测量对象物的位置进行测量的例子开展说明。测量对象物的位置可包含测量对象物的表面的位置。测量对象物的表面的位置可包含测量对象物的表面的至少一部分的位置。此外,测量对象物的位置也可指在加工系统SYS中作为基准而使用的机械坐标系中的测量对象物的位置(即,绝对位置)。或者,测量对象物的位置也可指测量对象物相对于测量装置20的位置(即,相对位置)。或者,测量对象物的位置也可指作为与机械坐标系不同的坐标系而在测量装置20中使用的后述的测量坐标系中的测量对象物的位置。

[0152] 此外,如之后详细叙述的那样,在本实施方式中,为了对测量测量对象物的位置进行测量,测量装置20对测量装置20与测量对象物之间的距离(具体而言,后述的测量头22与测量对象物之间的距离)进行测量,测量控制装置24基于所述距离算出测量对象物的位置。因此,至少对测量对象物的位置进行测量的动作实质上也可视为是指对算出测量对象物的位置所需的测量头22到测量对象物的距离进行测量的动作。

[0153] 测量对象物的表面的位置依存于测量对象物的表面的形状而变化。因此,对测量对象物的位置进行测量的动作也可视为与对测量对象物的形状进行测量的动作等效。测量对象物的形状可包含测量对象物的一维形状、二维形状及三维形状中的至少一个。

[0154] 测量对象物例如可包括加工头11加工的工件W。测量对象物例如也可包括载置在载台141上的任意物体。载置在载台141上的任意物体例如可包括工件W。测量对象物也可包括在后述的移动误差算出动作中使用的基准构件FM。测量对象物例如也可包括载台141。

[0155] 测量装置20可为能够以非接触方式对测量对象物进行测量。测量装置20也可为能够以光学方式对测量对象物进行测量。测量装置20也可为能够以电方式对测量对象物进行测量。测量装置20也可为能够以磁方式对测量对象物进行测量。测量装置20也可为能够以热方式对测量对象物进行测量。测量装置20也可为能够以声响方式对测量对象物进行测量。测量装置20也可为能够使用与测量对象物物理接触的探针来对测量对象物进行测量。

[0156] 在以下的说明中,使用测量装置20能够以光学方式对测量对象物进行测量的例子开展说明。在所述情况下,测量装置20也可称为光测量装置。具体而言,在以下的说明中,使用如下例子、即测量装置20通过对测量对象物照射测量光ML且接收来自被照射有测量光ML的测量对象物的光的至少一部分而对测量对象物进行测量的例子开展说明。来自被照射有测量光ML的测量对象物的光是通过测量光ML的照射而产生的来自测量对象物的光。在以下的说明中,将来自被照射有测量光ML的测量对象物的光中的、入射到测量装置20(即,测量装置20所接收的)光称为“返回光RL”。

[0157] 此外,通过测量光ML的照射而产生的来自测量对象物的光可包含通过测量光ML的照射而在测量对象物中产生的正反射光。通过测量光ML的照射而产生的来自测量对象物的光也可在正反射光的基础上或代替其而包含通过测量光ML的照射而在测量对象物中产生的漫反射光。通过测量光ML的照射而产生的来自测量对象物的光也可在正反射光及漫反射光中的至少一种的基础上或代替其而包含通过测量光ML的照射而在测量对象物中产生的衍射光。

[0158] 在本实施方式中,为了以光学方式对测量对象物进行测量,测量装置20例如也可包括测量光源21、测量头22以及输出接口23。此外,关于测量装置20的结构及动作,将在之

后进行详细叙述,在此简单说明其概要。测量光源21能够生成测量光ML。测量头22组装在加工头11上。即,测量头22配置在加工头11上。组装在加工头11上的测量头22也可固定在加工头11上。组装在加工头11上的测量头22也可为能够从加工头11拆卸。此外,在图1中,为了简化附图,未图示出组装在加工头11上的测量头22,但关于组装在加工头11上的测量头22,图示在图5至图6等中,用以在之后对测量装置20的结构及动作进行详细叙述。测量头22对测量对象物照射测量光ML。进而,测量头22接收来自被照射有测量光ML的测量对象物的返回光RL。此外,测量头22也可称为光学装置。输出接口23能够将测量头22对测量对象物的测量结果(即,来自测量对象物的返回光RL的受光结果)输出到测量控制装置24。

[0159] 此外,测量装置20也可不包括测量光源21。例如,测量光源21也可配置在测量装置20的外部的光源。例如,测量光源21也可配置在机床1的外部。例如,测量光源21也可配置在测量系统2的外部。例如,测量光源21也可配置在测量装置20的外部(典型而言为测量系统1的外部)且机床1的内部的规定位置。作为测量装置20的外部(典型而言为测量系统1的外部)且机床1的内部的规定位置的一例,例如可列举机床1的收容加工头11、头驱动系统12、载台装置14及加工控制装置16等中的至少一个的框体外或框体中的规定位置。例如,测量光源21也可配置在测量装置20的外部且测量系统2的内部的规定位置。作为测量装置20的外部且测量系统2的内部的规定位置的一例,例如可列举测量系统2的收容测量控制装置24等的框体外或框体中的规定位置。在所述情况下,测量装置20的测量头22也可对测量对象物照射由配置在测量装置20的外部的测量光源21生成的测量光ML。

[0160] 在本实施方式中,如之后详细叙述的那样,测量头22可为能够组装在机床1的主轴111上。即,在主轴111上,除了组装工具113之外还可组装测量装置20所包括的测量头22。在所述情况下,工具更换装置15也可作为能够将测量头22组装在主轴111上的组装装置发挥功能。即,工具更换装置15也可从除了收容有工具113之外还收容有测量头22的未图示的工具库(或者与收容有工具113的工具库不同的、收容有测量头22的未图示的头库)中取出测量头22,将所取出的测量头22组装在主轴111上。另外,工具更换装置15也可作为能够从主轴111拆卸测量头22的拆卸装置发挥功能。即,工具更换装置15也可从主轴111拆卸已组装在主轴111上的测量头22,并将所拆卸的测量头22收容在未图示的工具库或未图示的头库中。此外,测量头22也可不组装在主轴111上。例如,测量头22也可组装在头框体112上。

[0161] 测量控制装置24对测量系统2的动作进行控制。例如,测量控制装置24也可对测量装置20进行控制,以对测量对象物进行测量。进而,如上所述,由于测量头22组装在机床1(特别是主轴111)上,因此机床1的头驱动系统12使测量头22移动。因此,测量控制装置24也可与加工控制装置16一并对机床1(特别是头驱动系统12)进行控制,以使测量装置20移动到期望位置。即,测量控制装置24也可与加工控制装置16一并对加工头11的移动进行控制。进而,在测量对象物与载台141一并移动的情况下,测量控制装置24也可与加工控制装置16一并对机床1(特别是载台驱动系统142)进行控制,以使测量对象物移动到期望位置。即,测量控制装置24也可与加工控制装置16一并对载台141的移动进行控制。

[0162] 此外,由于测量头22组装在机床1(主轴111)上,因此测量控制装置24也可不对头驱动系统12进行控制。在所述情况下,可为加工控制装置16对头驱动系统12进行控制。另外,由于测量头22组装在机床1(主轴111)上,因此加工控制装置16也可不对头驱动系统12进行控制。在所述情况下,可为测量控制装置24对头驱动系统12进行控制。另外,测量控制

装置24也可不对载台驱动系统142进行控制。在所述情况下,可为加工控制装置16对载台驱动系统142进行控制。另外,加工控制装置16也可不对载台驱动系统142进行控制。在所述情况下,可为测量控制装置24对载台驱动系统142进行控制。

[0163] 在本实施方式中,测量控制装置24进行移动误差算出动作。移动误差算出动作可包括如下动作:基于测量头22对测量对象物的测量结果,算出加工头11与载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差(换句话说,运动误差)。移动误差算出动作可包括如下动作:基于测量头22对测量对象物的测量结果,生成与加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息。移动误差算出动作可包括如下动作:基于所算出的移动误差(与所生成的移动误差相关的信息),生成用于对机床1进行控制的信息(特别是和与移动误差相关的信息不同的信息)。在所述情况下,测量控制装置24可将生成的信息输出到加工控制装置16。加工控制装置16可基于信息对机床1进行控制。此外,关于移动误差算出动作,参照图9等在之后进行详细叙述,因此省略此处的说明。此外,移动误差也可称为空间精度误差。

[0164] 另外,进行移动误差算出动作的测量控制装置24也可称为移动误差算出装置、算出装置或运算装置。包括测量装置20与测量控制装置24的测量系统2也可称为移动误差算出系统、算出系统或运算系统。包括测量控制装置24与用于进行移动误差算出动作的后述的基准构件FM的系统也可称为移动误差算出系统、算出系统或运算系统。包括测量控制装置24与基准构件FM的系统也可称为测量系统2。包括基准构件FM、测量装置20以及测量控制装置24的系统也可称为移动误差算出系统、算出系统或运算系统。包括基准构件FM、测量装置20以及测量控制装置24的系统也可称为测量系统2。包括测量头22与测量控制装置24的系统也可称为测量系统2。

[0165] 测量控制装置24例如也可包括运算装置与存储装置。如此包括运算装置的测量控制装置24也可称为运算部。运算装置例如可包括CPU(中央处理器)及GPU(图形处理器)中的至少一者。存储装置例如可包括存储器。测量控制装置24通过运算装置执行计算机程序而作为对测量装置20的动作进行控制的装置发挥功能。进而,如上所述,在测量控制装置24对机床1的至少一部分动作(例如,头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一个)进行控制的情况下,测量控制装置24通过运算装置执行计算机程序而作为对机床1的动作进行控制的装置发挥功能。但是,在测量控制装置24也可不对机床1的至少一部分动作进行控制的情况下,测量控制装置24也可不作为对机床1的动作进行控制的装置发挥功能。所述计算机程序是用于使运算装置进行(即,执行)测量控制装置24应进行的后述动作的计算机程序。即,所述计算机程序是用于使测量控制装置24发挥功能,以使测量装置20(进而,机床1)进行后述动作的计算机程序。运算装置执行的计算机程序可记录在测量控制装置24所包括的存储装置(即,记录介质)中,也可记录在测量控制装置24中内置的或能够外接在测量控制装置24的任意的存储介质(例如硬盘或半导体存储器)中。或者,运算装置也可经由网络接口而从测量控制装置24的外部的装置下载应执行的计算机程序。此外,测量控制装置24也可不包括存储装置。

[0166] 测量控制装置24也可不设置在测量系统2的内部。例如,测量控制装置24也可作为服务器等设置在测量系统2外。在所述情况下,测量控制装置24与测量系统2可通过有线网络和/或无线网络(或者数据总线和/或通信线路)连接。作为有线网络,例如可采用使用以

IEEE1394、RS-232x、RS-422、RS-423、RS-485及USB中的至少一个为代表的串行总线方式的接口的网络。作为有线网络,也可采用使用并行总线方式的接口的网络。作为有线网络,也可采用使用依据以10BASE-T、100BASE-TX及1000BASE-T中的至少一个为代表的以太网(注册商标)的接口的网络。作为无线网络,可采用使用电波的网络。作为使用电波的网络的一例,可列举依据IEEE802.1x的网络(例如,无线LAN及蓝牙(Bluetooth)(注册商标)中的至少一者)。作为无线网络,也可采用使用红外线的网络。作为无线网络,也可采用使用光通信的网络。在所述情况下,测量控制装置24与测量系统2也可构成能够经由网络进行各种信息的收发。另外,测量控制装置24也可作为能够经由网络向测量系统2发送命令或控制参数等信息。测量系统2也可包括经由所述网络接收来自测量控制装置24的命令或控制参数等信息的接收装置。测量系统2可包括经由所述网络向测量控制装置24发送命令或控制参数等信息的发送装置(即,向测量控制装置24输出信息的输出装置)。或者,也可在测量系统2的内部设置进行测量控制装置24所进行的处理中的一部分的第一控制装置,另一方面,在测量系统2的外部设置进行测量控制装置24所进行的处理中的另一部分的第二控制装置。

[0167] 测量控制装置24所进行的处理中的至少一部分也可由加工控制装置16进行。作为一例,加工控制装置16也可进行测量控制装置24所进行的移动误差算出动作的至少一部分。相反,加工控制装置16所进行的处理中的至少一部分也可由测量控制装置24进行。

[0168] 加工系统SYS也可包括能够作为测量控制装置24发挥功能且能够作为加工控制装置16发挥功能的控制装置来代替测量控制装置24及加工控制装置16。即,加工系统SYS也可包括将测量控制装置24及加工控制装置16一体化的控制装置。作为一例,机床1也可包括能够作为测量控制装置24发挥功能且能够作为加工控制装置16发挥功能的控制装置来代替加工控制装置16。在所述情况下,测量系统2可包括测量控制装置24,也可不包括测量控制装置24。作为另一例,测量系统2也可包括能够作为测量控制装置24发挥功能且能够作为加工控制装置16发挥功能的控制装置来代替测量控制装置24。在所述情况下,机床1可包括加工控制装置16,也可不包括加工控制装置16。

[0169] 在测量控制装置24内,可通过运算装置执行计算机程序来安装能够通过机器学习构筑的运算模型。作为能够通过机器学习构筑的运算模型的一例,例如可列举包含神经网络的运算模型(所谓的人工智能(AI:Artificial Intelligence))。在所述情况下,运算模型的学习可包含神经网络的参数(例如,权重及偏置中的至少一个)的学习。测量控制装置24也可使用运算模型对测量系统2的动作进行控制。即,对测量系统2的动作进行控制的动作也可包括使用运算模型对测量系统2的动作进行控制的动作。此外,在测量控制装置24中,也可安装通过使用了教师数据的离线的机器学习而构筑完成的运算模型。另外,测量控制装置24所安装的运算模型也可在测量控制装置24上通过在线的机器学习进行更新。或者,测量控制装置24可在测量控制装置24所安装的运算模型的基础上或代替其而使用测量控制装置24的外部的装置(特别是设置在测量系统2的外部的装置)所安装的运算模型对测量系统2的动作进行控制。

[0170] 此外,作为记录测量控制装置24执行的计算机程序的记录介质,可使用CD-ROM、CD-R、CD-RW或软盘、MO、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD+R、DVD-RW、DVD+RW及蓝光(Blu-ray)(注册商标)等光盘、磁带等磁介质、光磁盘、USB存储器等半导体存储器、以及其他能够保存程序的任意介质中的至少一个。记录介质中可包括能够对计算机程序进行记录的设备(例

如,以能够以软件及固件等中的至少一者的形态来执行的状态安装有计算机程序的通用设备或专用设备)。进而,计算机程序中所含的各处理或功能可由通过测量控制装置24(即,计算机)执行计算机程序而在测量控制装置24内实现的逻辑处理块来实现,也可由测量控制装置24所包括的规定的门阵列(FPGA(现场可编程门阵列)、ASIC(专用集成电路))等硬件来实现,还可以逻辑处理块与实现硬件的一部分要素的部分硬件模块混合的形式来实现。

[0171] 输出装置25是向测量系统2的外部输出信息的装置。例如,输出装置25可以图像的形式输出信息。即,输出装置25可包括能够显示图像的显示装置(所谓的显示器)。例如,输出装置25也可以声音的形式输出信息。即,输出装置25也可包括能够输出声音的声音输出装置(所谓的扬声器)。例如,输出装置25也可将信息输出到纸面。即,输出装置25也可包括能够将期望信息印刷到纸面上的印刷装置(所谓的打印机)。例如,输出装置25也可以数据的形式将信息输出到能够外接在测量系统2的记录介质。例如,输出装置25也可经由通信线路以数据的形式输出(即,发送)信息。即,输出装置25也可作为通信装置发挥功能。此外,测量系统2也可不包括输出装置25。

[0172] (1-2) 测量装置20(测量头22)的结构

[0173] 继而,参照图5对测量装置20的结构进行更详细的说明。图5是表示组装有测量装置20(特别是测量头22)的加工头11的剖面图。

[0174] 如图5所示,测量头22组装在加工头11上。具体而言,测量头22包括头框体221,头框体221组装在加工头11上。在图5所示的例子中,测量头22组装在加工头11的主轴111上。即,测量头22代替工具113而组装在主轴111上。具体而言,头框体221组装在主轴111所包括的组装部1111上。在图5所示的例子中,由于主轴111包括形成有孔1112的组装部1111,因此通过将具有与孔1112互补的形状的相当于头框体221的突起部分的柄220嵌入(或插入)组装部1111的孔1112,头框体221组装在主轴111上。组装部1111也可对头框体221进行保持。在所述情况下,为了对头框体221进行保持,组装部1111也可包括机械卡盘、油压检查、静电卡盘及真空吸附卡盘等中的至少一个。

[0175] 组装在组装部1111上的头框体221(即,测量头22)能够从组装部1111拆卸。即,头框体221(即,测量头22)能够装卸地组装在主轴111上。例如,在测量头22组装在主轴111上的情况下,工具113从主轴111被拆卸。另一方面,在工具113组装在主轴111上的情况下,测量头22从主轴111被拆卸。此外,如上所述,头框体221的组装及拆卸、以及工具113的组装及拆卸由工具更换装置15进行。但是,也可由加工系统SYS的操作员手动进行测量头22相对于主轴111的组装及拆卸、以及工具113相对于主轴111的组装及拆卸中的至少一个。

[0176] 但是,测量头22也可组装在加工头11中的与主轴111不同的部分。只要测量头22能够对测量对象物进行测量,则测量头22也可组装在加工头11中的与主轴111不同的部分。例如,如表示组装有测量装置20(特别是测量头22)的加工头11的剖面图即图6所示,测量头22也可组装在加工头11的头框体112上。头框体221也可组装在加工头11的头框体112上。头框体221也可在沿着与旋转轴RX交叉的方向远离主轴111的旋转轴RX的位置组装在加工头11上。在图6所示的例子中,头框体221组装在头框体112的侧面。

[0177] 在测量头22组装在加工头11中的与主轴111不同的部分的情况下,测量头22也可无法从加工头11拆卸。即,测量头22也可并非能够装卸地组装在加工头11上。测量头22也可在加工头11使用工具113对工件W进行加工的加工期间中也保持组装在加工头11上

的状态。此外,测量头22也可始终保持组装在加工头11上的状态。但是,即使在测量头22组装在加工头11中的与主轴111不同的部分的情况下,测量头22也可为能够装卸地组装在加工头11上。

[0178] 测量头22也可组装在相对于加工头11而言固定的位置。即,测量头22也可以加工头11与测量头22的位置关系被固定(即,不发生变化)的方式组装在加工头11上。测量头22也可直接固定组装在加工头11上。测量头22也可间接固定组装在加工头11上。例如,测量头22也可被固定在其中一端直接固定在加工头11上的支撑构件的另一端。测量头22直接固定在加工头11上的状态及测量头22直接固定在加工头11上的状态均相当于测量头22组装在相对于加工头11而言固定的位置的状态。此外,在测量头22组装在加工头11上的情况下,只要测量装置20不包括用于使测量头22独立于加工头11而移动的驱动系统,则通常而言,加工头11与测量头22的位置关系被固定。此外,在测量头22组装在加工头11的主轴111上的情况下,主轴111能够绕旋转轴RX旋转,因此在将测量头22组装在主轴111上时,也可使用机械式的固定机构等来锁定主轴111的旋转。

[0179] 但是,测量头22也可不组装在加工头11的位置关系受到固定的位置。加工头11与测量头22的位置关系也可为可变。测量装置20也可包括用于使测量头22独立于加工头11而移动的驱动系统。例如,所述驱动系统也可构成为,使加工头11与测量头22沿着旋转轴RX相对移动。在如上所述的那样测量头22组装在加工头11的头框体112上的情况下,在加工头11利用工具113对工件W进行加工的加工期间中,测量头22有可能妨碍工件W的加工。具体而言,例如若在工具113接触到工件W之前,测量头22接触到工件W(或其他物体),则工具113无法接触到工件W,作为结果,测量头22会妨碍工件W的加工。因此,测量装置20对测量对象物进行测量的测量期间的至少一部分中的加工头11与测量头22的位置关系、与加工头11对工件W进行加工的加工期间的至少一部分中的加工头11与测量头22的位置关系也可不同。例如也可为,在加工期间的至少一部分中,加工头11与测量头22的位置关系设定为测量头22不会妨碍工件W的加工的第一关系,在测量期间的至少一部分中,加工头11与测量头22的位置关系设定为与第一关系不同的第二关系(例如,测量装置20能够使用测量头22对测量对象物进行测量的第二关系)。

[0180] 此时,在加工头11与测量头22的位置关系为可变的情况下,测量控制装置24也可使用头位置测量装置13分别对加工头11及测量头22沿旋转轴RX的移动量进行测量。进而,测量控制装置24也可预先对沿着所述移动轴的移动误差进行测量,并在通过进行所述移动误差算出动作而算出机床1的移动误差时,反映预先测量出的所述移动误差。

[0181] 此外,用于使测量头22移动的驱动系统并不限于沿着旋转轴RX,也可构成为使加工头11与测量头22沿着与沿着旋转轴RX的方向不同的方向相对移动。

[0182] 在测量头22组装在加工头11上的情况下,伴随加工头11的移动,测量头22也移动。即,测量头22与加工头11同样地移动。因此,使加工头11移动的头驱动系统12也可视为作为用于使测量头22移动的头驱动系统发挥功能。在所述情况下,通过测量头22的移动,测量头22进行测量的测量位置与测量对象物的相对位置关系发生改变。即,测量位置相对于测量对象物移动。机床1可通过使加工头11移动而使测量头22移动,同时对测量对象物进行测量。具体而言,加工系统SYS可通过使测量头22移动而在测量对象物的期望位置设定测量位置,同时对测量对象物的期望位置进行测量。但是,在测量对象物为载台141或载置在载台

141上的物体的情况下,通过载台141的移动,测量头22进行测量的测量位置与测量对象物的相对位置关系也会发生改变。因此,在通过使载台141移动而可在测量对象物的期望位置设定测量位置的情况下,加工系统SYS也可在不使测量头22移动的情况下对测量对象物进行测量。

[0183] 在测量头22组装在主轴111上的情况下,伴随主轴111的旋转,测量头22也可绕旋转轴RX旋转。此时,测量控制装置24也可预先求出伴随主轴111的旋转移动的移动误差,也可在通过进行所述移动误差算出动作而算出机床1的移动误差时,反映预先测量出的所述移动误差。

[0184] 测量头22还包括光学系统222。光学系统222被收容在头框体221内部的收容空间中。因此,光学系统222经由头框体221而组装在加工头11上。若像这样将光学系统222收容在头框体221中,则可防止因工件W的加工而产生的多余物质(例如切削屑或切削液等)附着在光学系统222上。

[0185] 此外,测量头22也可包括测量光源21。例如,测量光源21也可收容在头框体221的内部空间中。在所述情况下,也可视为测量光源21构成光学系统222的一部分。另外,测量光源21可不组装在加工头11上,也可组装在加工头11中的与主轴111不同的部分。在测量装置202包括多个测量光源21(例如后述的测量光源21#1及测量光源21#2)的情况下,多个测量光源21中的至少一个可不组装在加工头11上,也可组装在加工头11中的与主轴111不同的部分。

[0186] 光学系统222用于将来自测量光源21的测量光ML照射到测量对象物。进而,光学系统222用于接收来自测量对象物的返回光RL。具体而言,如表示对测量对象物照射测量光ML且接收来自测量对象物的返回光RL的光学系统222的剖面图即图7所示,测量光源21所生成的测量光ML从测量光源21经由光纤等未图示的光传输构件而入射到光学系统222。光学系统222将入射到光学系统222的测量光ML朝向测量对象物射出。即,光学系统222对测量对象物照射测量光ML。

[0187] 当测量光ML照射到测量对象物时,从测量对象物射出起因于测量光ML的照射而产生的光。起因于测量光ML的照射而产生的光可包含照射到测量对象物的测量光ML的反射光。起因于测量光ML的照射而产生的光也可包含照射到测量对象物的测量光ML的散射光。起因于测量光ML的照射而产生的光也可包含照射到测量对象物的测量光ML的透射光。起因于测量光ML的照射而产生的光也可包含照射到测量对象物的测量光ML的衍射光。

[0188] 起因于测量光ML的照射而产生的光的至少一部分作为来自测量对象物的返回光RL而入射到光学系统222。具体而言,起因于测量光ML的照射而产生的光中的、沿着测量光ML的光路行进的光成分作为返回光RL而入射到光学系统222。在所述情况下,从光学系统222射出并入射到测量对象物的测量光ML的光路、与从测量对象物射出并入射到光学系统222的返回光RL的光路也可相同。即,光学系统222与测量对象物之间的测量光ML的光路、及光学系统222与测量对象物之间的返回光RL的光路也可相同。作为一例,在测量光ML相对于测量对象物而垂直入射的情况下,返回光RL也可作为以测量光ML的正反射光为主体的光。但是,在测量光ML相对于测量对象物而垂直入射的情况下,返回光RL也可包含测量光ML的正反射光以外的光(例如,测量光ML的漫反射光、散射光、透射光及衍射光中的至少一种)。作为另一例,在测量光ML相对于测量对象物而倾斜入射(换句话说,非垂直入射)的情况下,返

回光RL也可为以测量光ML的漫反射光为主体的光。但是,在测量光ML相对于测量对象物而倾斜入射的情况下,返回光RL也可包含测量光ML的漫反射光以外的光(例如,测量光ML的正反射光、散射光、透射光及衍射光中的至少一种)。

[0189] 此处,参照图8进一步详细地说明对测量对象物照射测量光ML且接收返回光RL的光学系统222的结构。图8是表示光学系统222的结构的剖面图。

[0190] 如图8所示,光学系统222包括分束器2221、分束器2222、光检测器(测量部)2223、分束器2224、反光镜2225、光检测器(测量部)2226、反光镜2227以及检流计镜2228。

[0191] 此外,如之后在第九变形例中详细叙述的那样,测量光源21、分束器2221、分束器2222、光检测器2223、分束器2224、反光镜2225以及光检测器2226中的至少一个也可不收容在头框体221内。换句话说,测量光源21、分束器2221、分束器2222、光检测器2223、分束器2224、反光镜2225以及光检测器2226中的至少一个可不组装在加工头11上,也可组装在加工头11中的与主轴111不同的部分。测量光源21、分束器2221、分束器2222、光检测器2223、分束器2224、反光镜2225以及光检测器2226中的至少一个也可收容在与组装在加工头11的主轴111上的头框体221不同的框体中。在所述情况下,与头框体221不同的框体可不组装在加工头11上,也可组装在加工头11中的与主轴111不同的部分,还可组装在机床1的收容加工头11、头驱动系统12、载台装置14、测量装置20、加工控制装置16、以及测量控制装置24等中的至少一个的框体的外部或内部。此外,测量光源21、分束器2221、分束器2222、光检测器2223、分束器2224、反光镜2225以及光检测器2226中的至少一个并不限于配置在机床1的内部,也可配置在机床1的外部。

[0192] 来自测量光源21的测量光ML入射到分束器2221。在本实施方式中,两个测量光源21(具体而言,测量光源21#1及测量光源21#2)分别生成的两个测量光ML入射到分束器2221。因此,测量装置20包括测量光源21#1与测量光源21#2。两个测量光源21可分别射出相互经相位同步且具有干涉性的两个测量光ML。但是,测量装置20也可包括单一的测量光源21。

[0193] 两个测量光源21的振荡频率不同。因此,两个测量光源21分别射出的两个测量光ML成为频率不同的两个测量光ML。在测量光源21生成脉冲光作为测量光ML的情况下,两个测量光源21分别射出的两个测量光ML成为脉冲频率(例如,每单位时间的脉冲光的数量,为脉冲光的发光周期的倒数)不同的两个测量光ML。作为一例,可为,测量光源21#1射出脉冲频率为25GHz的测量光ML,测量光源21#2射出脉冲频率为 $25\text{GHz}+\alpha$ (例如+100kHz)的测量光ML。此外,在以下的说明中,将测量光源21#1生成的测量光ML称为“测量光ML#1”,将测量光源21#2生成的测量光ML称为“测量光ML#2”。但是,两个测量光源21的振荡频率也可相同。

[0194] 测量光源21包含光梳光源。光梳光源是能够生成包含在频率轴上等间隔地排列的频率成分的光(以后称为“光频梳”)作为脉冲光的光源。在所述情况下,测量光源21将包含在频率轴上等间隔地排列的频率成分的脉冲光作为测量光ML射出。但是,测量光源21也可包含与光梳光源不同的光源。

[0195] 入射到分束器2221的两个测量光ML#1及ML#2朝向分束器2222射出。即,分束器2221将分别从不同方向入射到分束器2221的测量光ML#1及测量光ML#2朝向相同的方向(即,配置有分束器2222的方向)射出。

[0196] 分束器2222将入射到分束器2222的测量光ML#1的一部分即测量光ML#1-1朝向光

检测器2223射出。分束器2222将入射到分束器2222的测量光ML#1的另一部分即测量光ML#1-2朝向分束器2224射出。分束器2222将入射到分束器2222的测量光ML#2的一部分即测量光ML#2-1朝向光检测器2223射出。分束器2222将入射到分束器2222的测量光ML#2的另一部分即测量光ML#2-2朝向分束器2224射出。

[0197] 从分束器2222射出的测量光ML#1-1及测量光ML#2-1入射到光检测器2223。光检测器2223接收测量光ML#1-1与测量光ML#2-1。光检测器2223接收并检测测量光ML#1-1与测量光ML#2-1。此外,本实施方式中的“物体接收光”的状态可指“光入射到物体”的状态。因此,本实施方式中的“物体接收光”的状态可指“能够对光进行检测的物体接收光”的状态,也可指“无法对光进行检测的物体接收光”的状态。特别是,光检测器2223接收并检测因测量光ML#1-1与测量光ML#2-1发生干涉而生成的干涉光。此外,接收因测量光ML#1-1与测量光ML#2-1发生干涉而生成的干涉光的动作也可视为与接收测量光ML#1-1和测量光ML#2-1的动作等效。光检测器2223中的检测结果(即,干涉光的受光结果)作为测量装置20的测量结果的一部分,经由输出接口23而输出到测量控制装置24。

[0198] 从分束器2222射出的测量光ML#1-2及测量光ML#2-2入射到分束器2224。分束器2224将入射到分束器2224的测量光ML#1-2的至少一部分朝向反光镜2225射出。分束器2224将入射到分束器2224的测量光ML#2-2的至少一部分朝向反光镜2227射出。

[0199] 从分束器2224射出的测量光ML#1-2入射到反光镜2225。入射到反光镜2225的测量光ML#1-2被反光镜2225的反射面(反射面也可称为参照面)反射。具体而言,反光镜2225将入射到反光镜2225的测量光ML#1-2朝向分束器2224反射。即,反光镜2225将入射到反光镜2225的测量光ML#1-2作为其反射光即测量光ML#1-3而朝向分束器2224射出。从反光镜2225射出的测量光ML#1-3入射到分束器2224。分束器2224将入射到分束器2224的测量光ML#1-3朝向分束器2222射出。从分束器2224射出的测量光ML#1-3入射到分束器2222。分束器2222将入射到分束器2222的测量光ML#1-3朝向光检测器2226射出。

[0200] 另一方面,从分束器2224朝向反光镜2227射出的测量光ML#2-2经由反光镜2227而入射到检流计镜2228。检流计镜2228能够变更从检流计镜2228朝向测量对象物射出的测量光ML#2-2的行进方向,以使测量光ML(在所述情况下,为测量光ML#2-2)在测量对象物上的照射位置发生变化。因此,检流计镜2228也可称为方向变更构件或方向变更装置。检流计镜2228可包括可称为反射构件或偏向构件的扫描镜22281。扫描镜22281是相对于入射到扫描镜22281的测量光ML#2-2的光路的角度能够变更的倾斜角可变反光镜。扫描镜22281能够通过绕与入射到扫描镜22281的测量光ML#2-2的入射侧的光路交叉的旋转轴旋转,来变更相对于入射到扫描镜22281的测量光ML#2-2的光路的角度。此外,扫描镜22281也可绕与入射到扫描镜22281的测量光ML#2-2的入射侧的光路交叉的旋转轴倾斜或摆动。扫描镜22281可为,能够通过绕与入射到扫描镜22281的测量光ML#2-2的入射侧的光路交叉的第一旋转轴旋转,来变更测量光ML#2-2的行进方向,以使测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置沿着X轴变化。扫描镜22281也可为,能够通过绕与入射到扫描镜22281的测量光ML#2-2的入射侧的光路交叉且与第一旋转轴交叉的第二旋转轴旋转,来变更测量光ML#2-2的行进方向,以使测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置沿着Y轴变化。或者,检流计镜2228也可包括第一扫描镜及第二扫描镜作为扫描镜22281,所述第一扫描镜能够通过绕第一旋转轴旋转,来变更测量光ML#2-2的行进方向,以使测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置沿着X轴

变化,所述第二扫描镜能够通过绕第二旋转轴旋转,来变更测量光ML#2-2的行进方向,以使测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置沿着Y轴变化。在所述情况下,第二扫描镜的第二旋转轴可与第一扫描镜的第一旋转轴处于扭转的关系。

[0201] 检流计镜2228也可以检流计镜2228的枢轴点PV为起点,对测量光ML#2-2的行进方向进行变更。枢轴点PV可为扫描镜22281的反射面上的假想点。此外,在检流计镜2228包括多个扫描镜22281的情况下,枢轴点PV也可为多个扫描镜22281中的、在测量光ML#2-2的光路上最接近测量对象物的一个扫描镜22281的反射面上的假想点。例如,枢轴点可为扫描镜22281的反射面的中心点。例如,枢轴点也可为测量光ML#2-2在扫描镜22281中的入射点。枢轴点PV也可为测量光ML#2-2从扫描镜22281中的射出点。枢轴点PV也可为扫描镜22281的旋转轴上的点。

[0202] 此外,枢轴点PV也可不为扫描镜22281的反射面上的假想点。例如,枢轴点PV也可为作为算出到测量对象物为止的距离的基准(起点)的假想点。在所述情况下,作为一例,枢轴点PV可为扫描镜22281的反射面上的点,也可为光学系统222的规定的点。另外,枢轴点PV也可存在多个。例如,枢轴点PV也可处于被测量光ML#2-2扫描的每个面上。例如,在如上所述的那样检流计镜2228包括第一扫描镜与第二扫描镜的情况下,与XZ面相关的枢轴点可处于第一扫描镜的第一旋转轴上,与YZ面相关的枢轴点PV可处于第二扫描镜的第二旋转轴上。此外,枢轴点PV也可以说是测量装置20(测量头22)的基准,因此也可称为基准点或测量基准点。

[0203] 如此,由于检流计镜2228能够变更测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置,因此测量装置20能够对测量对象物的多个部位依次照射测量光ML#2-2。其结果,测量装置20可相对高速地对测量对象物的多个部位进行测量。即,测量装置20能够进行测量对象物的多点测量。此外,依次被照射测量光ML#2-2的多个部位在测量对象物上也可不沿着规定方向依次排列。

[0204] 测量头22对测量对象物照射作为平行光的测量光ML#2-2。在所述情况下,光学系统222可设计为从检流计镜2228射出的测量光ML#2-2成为平行光。但是,如之后在第四变形例中说明的那样,测量头22也可对测量对象物照射作为会聚光的测量光ML#2-2。在所述情况下,光学系统222也可包括对从检流计镜2228射出的测量光ML#2-2进行聚光的聚光光学系统。作为聚光光学系统的一例,可列举f θ 透镜。

[0205] 当测量光ML照射到测量对象物时,从测量对象物射出作为通过测量光ML照射到测量对象物而产生的光的至少一部分的返回光RL。返回光RL入射到光学系统222(具体而言,为检流计镜2228)。此处,如上所述,返回光RL是起因于测量光ML的照射而产生的光中的、沿着测量光ML的光路行进的光成分。因此,在光学系统222(特别是检流计镜2228)与测量对象物之间,返回光RL的光路也可与测量光ML#2-2的光路重合。即,在光学系统222与测量对象物之间,返回光RL的光路与测量光ML#2-2的光路也可为同轴。例如,检流计镜2228可以使测量光ML#2-2垂直入射到测量对象物的方式对测量对象物照射测量光ML#2-2。当测量光ML#2-2垂直入射到测量对象物时,典型而言,在光学系统222与测量对象物之间,返回光RL的光路与测量光ML#2-2的光路重合。但是,检流计镜2228也可以使测量光ML#2-2倾斜入射到测量对象物的方式对测量对象物照射测量光ML#2-2。即使在所述情况下,如上所述,在光学系统222与测量对象物之间,以测量光ML的漫反射光为主体的返回光RL的光路也与测量光ML#

2-2的光路重合。

[0206] 入射到检流计镜2228的返回光RL经由检流计镜2228、反光镜2227、分束器2224及分束器222而入射到光检测器2226。因此,也可视为光检测器2226经由检流计镜2228来接收返回光RL。

[0207] 如上所述,除了返回光RL之外,测量光ML#1-3也入射到光检测器2226。即,经由测量对象物而朝向光检测器2226的返回光RL与未经由测量对象物而朝向光检测器2226的测量光ML#1-3入射到光检测器2226。此外,入射到光检测器2226的测量光ML#1-3被用作参照光RB。因此,在以下的说明中,将入射到光检测器2226的测量光ML#1-3称为参照光RB。光检测器2226接收参照光RB与返回光RL。光检测器2226接收并检测参照光RB与返回光RL。特别是,光检测器2226接收并检测因参照光RB与返回光RL发生干涉而生成的干涉光。此外,接收因参照光RB与返回光RL发生干涉而生成的干涉光的动作与接收参照光RB与返回光RL的动作等效。光检测器2226的检测结果(即,干涉光的受光结果)作为测量装置20的测量结果的一部分,经由输出接口23而输出到测量控制装置24。

[0208] 测量控制装置24经由输出接口23而获取光检测器2223的检测结果及光检测器2226的检测结果。测量控制装置24基于光检测器2223的检测结果及光检测器2226的检测结果(即,测量装置20的测量结果),生成测量对象物的测量数据。

[0209] 在本实施方式中,如以下说明的那样,测量控制装置24首先可基于光检测器2223的检测结果及光检测器2226的检测结果,算出测量头22与测量对象物之间的距离。即,测量控制装置24可生成与测量头22和测量对象物之间的距离相关的测量数据。进而,测量控制装置24也可基于测量头22与测量对象物之间的距离,算出测量对象物的位置。即,测量控制装置24也可生成与测量对象物的位置相关的测量数据。进而,测量控制装置24也可基于测量对象物的位置(特别是,测量对象物的多个部位各自的位置),算出测量对象物的形状。即,测量控制装置24也可生成与测量对象物的形状相关的测量数据。

[0210] 具体而言,由于测量光ML#1的脉冲频率与测量光ML#2的脉冲频率不同,因此测量光ML#1-1的脉冲频率与测量光ML#2-1的脉冲频率不同。因此,测量光ML#1-1与测量光ML#2-1的干涉光成为和构成测量光ML#1-1的脉冲光与构成测量光ML#2-1的脉冲光同时入射到光检测器2223的时机同步地出现脉冲光的干涉光。同样地,参照光RB的脉冲频率与返回光RL的脉冲频率不同。因此,参照光RB与返回光RL的干涉光成为和构成参照光RB的脉冲光与构成返回光RL的脉冲光同时入射到光检测器2226的时机同步地出现脉冲光的干涉光。此处,光检测器2226所检测的干涉光的脉冲光的位置(时间轴上的位置)对应于测量头22与测量对象物的位置关系(即,实质上为加工头11与测量对象物的位置关系)而变动。其原因在于,光检测器2226所检测的干涉光是经由测量对象物而朝向光检测器2226的返回光RL与未经由测量对象物而朝向光检测器2226的参照光RB的干涉光。另一方面,光检测器2223所检测的干涉光的脉冲光的位置(时间轴上的位置)不会对应于测量头22与测量对象物的位置关系(即,实质上为加工头11与测量对象物的位置关系)而变动。因此可以说,光检测器2226所检测的干涉光的脉冲光与光检测器2223所检测的干涉光的脉冲光的时间差间接地表示测量头22与测量对象物的位置关系。具体而言,可以说,光检测器2226所检测的干涉光的脉冲光与光检测器2223所检测的干涉光的脉冲光的时间差间接地表示沿着从光学系统222射出的测量光ML的光路的方向(即,沿着测量光ML的行进方向的方向)上的测量头22与测量对

象物之间的距离。因此,测量控制装置24可基于光检测器2226所检测的干涉光的脉冲光与光检测器2223所检测的干涉光的脉冲光的时间差,算出沿着从光学系统222射出的测量光ML的光路的方向上的测量头22与测量对象物之间的距离。

[0211] 进而,由于测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置由检流计镜2228的驱动状态决定,因此测量控制装置24可基于与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出被照射部分相对于测量头22的方向(例如,被照射部分相对于枢轴点PV的方向)。即,测量控制装置24可基于与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出从测量头22射出测量光ML#2-2的方向作为被照射部分相对于测量头22的方向。作为与检流计镜2228的驱动状态相关的信息的一例,可列举与检流计镜2228所包括的扫描镜22281的旋转角度相关的信息。此处,检流计镜2228也可包括用于对所述扫描镜22281的旋转角度进行检测的旋转角度检测器。作为此种旋转角度检测器,例如也可使用旋转编码器及对扫描镜22281照射光而以光学方式对其角度进行检测的角度检测装置中的至少一个。进而,若在所述移动误差被修正的状况下,则测量控制装置24可使用能够对组装有测量头22的加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13,来确定机械坐标系中的测量头22的位置。其结果,测量控制装置24可基于测量头22与被照射部分之间的距离、被照射部分相对于测量头22的方向及机械坐标系中的测量头22的位置,算出机械坐标系中的被照射部分的位置(例如在三维坐标空间内的位置)。即,测量控制装置24可生成表示机械坐标系中的被照射部分的位置的测量数据。

[0212] 测量头22也可对测量对象物的多个部位照射测量光ML#2-2。例如,检流计镜2228也可变更测量光ML#2-2在测量对象物上的照射位置,以使测量头22对测量对象物的多个部位照射测量光ML#2-2。例如,加工头11(测量头22)及载台141中的至少一者也可移动,以使测量头22对测量对象物的多个部位照射测量光ML#2-2。当测量光ML#2-2照射到测量对象物的多个部位时,测量控制装置24可生成表示测量对象物的多个部位的位置的测量数据。其结果,测量控制装置24可基于表示多个部位的位置的测量数据,生成表示测量对象物的形状的测量数据。例如,测量控制装置24可通过算出如下的三维形状、即由将位置经确定的多个部位连结而成的假想的平面(或曲面)构成的三维形状作为测量对象物的形状,生成表示测量对象物的形状的测量数据。

[0213] 此外,如此,测量装置20可通过对测量对象物照射测量光ML且接收来自照射了测量光ML的测量对象物的返回光RL,对测量对象物进行测量。特别是,在所述例子中,测量装置20可通过接收返回光RL与参照光RB的干涉光,对测量对象物进行测量。因此,测量装置20也可视为干涉方式的测量装置。但是,只要可对测量对象物进行测量,则测量装置20也可不为干涉方式的测量装置。例如,测量装置20也可三角测量方式的测量装置。测量装置20也可立体方式的测量装置。测量装置20也可相位偏移方式的测量装置。测量装置20也可共焦方式的测量装置。测量装置20也可飞行时间(Time of Flight, ToF)方式的测量装置。测量装置20也可调频连续波(Frequency Modulated Continuous Wave, FMCW)方式的测量装置。

[0214] (2) 移动误差算出动作

[0215] 继而,对测量控制装置24进行的移动误差算出动作进行说明。

[0216] (2-1) 移动误差算出动作的概要

[0217] 如上所述,移动误差算出动作是用于基于测量头22所得的测量结果,算出加工头

11与载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差的动作。如上所述,测量头22接收参照光RB与返回光RL的干涉光,因此移动误差算出动作也可视为用于基于参照光RB与返回光RL的干涉光的受光结果来算出加工头11与载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差的动作。

[0218] 作为一例,加工头11的移动误差可包含相当于如下的加工头11的实际位置与加工头11的目标位置的差值(即,偏移)的误差:所述加工头11的实际位置是头驱动系统12基于用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11(主轴111)移动到期望目标位置的驱动控制信号,使加工头11移动时的加工头11的位置。此外,在以下的说明中,将用于对头驱动系统12进行控制的驱动控制信号称为头驱动控制信号。在加工头11能够沿着平移轴平移移动的情况下,加工头11的移动误差可包含相当于如下的加工头11的实际位置与加工头11的目标位置的差值(即,偏移)的误差:所述加工头11的实际位置是头驱动系统12基于用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到期望目标位置的头驱动控制信号,使加工头11沿着平移轴平移移动时的加工头11的位置。即,加工头11的移动误差也可包含在加工头11的平移移动中产生的移动误差。在加工头11能够绕旋转轴旋转移动的情况下,可包含相当于如下的加工头11的实际位置与加工头11的目标位置的差值(即,偏移)的误差:所述加工头11的实际位置是头驱动系统12基于用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到期望目标位置的头驱动控制信号,使加工头11绕旋转轴旋转时的加工头11的位置。即,加工头11的移动误差也可包含在加工头11的旋转移动中产生的移动误差。

[0219] 载台141的移动误差可包含相当于如下的载台141的实际位置与载台141的目标位置的差值(即,偏移)的误差:所述载台141的实际位置是载台驱动系统142基于用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到期望目标位置的驱动控制信号,使载台141移动时的载台141的位置。此外,在以下的说明中,将用于对载台驱动系统142进行控制的驱动控制信号称为载台驱动控制信号。在载台141能够沿着平移轴移动的情况下,可包含相当于如下的载台141的实际位置与载台141的目标位置的差值(即,偏移)的误差:所述载台141的实际位置是载台驱动系统142基于用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到期望目标位置的载台驱动控制信号,使载台141沿着平移轴平移移动时的载台141的位置。即,载台141的移动误差也可包含在载台141的平移移动中产生的移动误差。在载台141能够绕旋转轴旋转的情况下,可包含相当于如下的载台141的实际位置与载台141的目标位置的差值(即,偏移)的误差:所述载台141的实际位置是载台驱动系统142基于用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到期望目标位置的载台驱动控制信号,使载台141绕旋转轴旋转时的载台141的位置。即,载台141的移动误差也可包含在载台141的旋转移动中产生的移动误差。

[0220] 此处,在产生了加工头11的移动误差的状况下且加工头11的移动误差未被修正时,即使头驱动系统12基于用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到期望目标位置的头驱动控制信号使加工头11移动,加工头11也有可能因移动误差而移动到与期望目标位置不同的位置。因此,机床1有可能无法精度良好地使加工头11移动。其结果,机床1有可能无法精度良好地对载置在载台141上的工件W进行加工。进而,在将测量头22或后述的测量头22d-1组装在加工头11上的情况下,由于组装在加工头11上的测量头22或后述的测量头22d-1有可能不会精度良好地移动,因此测量系统2有可能无法适当地对载置在载台141

上的工件W进行测量。

[0221] 同样地,在产生了载台141的移动误差的状况下且载台141的移动误差未被修正时,即使载台驱动系统142基于用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到期望目标位置的载台驱动控制信号使载台141移动,载台141也有可能因移动误差而移动到与期望目标位置不同的位置。因此,机床1有可能无法精度良好地使载台141移动。其结果,机床1有可能无法精度良好地对载置在载台141上的工件W进行加工。进而,在将测量头22或后述的测量头22d-1组装在加工头11上的情况下,测量系统2有可能无法适当地对载置在载台141上的工件W进行测量。

[0222] 因此,在本实施方式中,加工系统SYS可通过进行移动误差算出动作来算出移动误差,并使加工头11及载台141中的至少一者移动以修正(例如抵消)移动误差。即,加工系统SYS可对加工头11的移动进行控制,使得加工头11即使在产生了加工头11的移动误差的情况下也与未产生加工头11的移动误差的情况同样地移动。加工系统SYS可对载台141的移动进行控制,使得载台141即使在产生了载台141的移动误差的情况下也与未产生载台141的移动误差的情况同样地移动。其结果,在头驱动系统12基于用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到期望位置的头驱动控制信号而使加工头11移动的情况下,头驱动系统12可使加工头11准确地移动到期望位置。因此,与不进行移动误差算出动作的情况相比,机床1可精度良好地使加工头11移动。其结果,与不进行移动误差算出动作的情况相比,机床1可精度良好地对工件W进行加工。进而,在测量头22或后述的测量头22d-1组装在加工头11上的情况下,与不进行移动误差算出动作的情况相比,测量系统2可适当地对载置在载台141上的工件W进行测量。同样地,在载台驱动系统142基于用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到期望位置的载台驱动控制信号而使载台141移动的情况下,载台驱动系统142可使载台141准确地移动到期望位置。因此,与不进行移动误差算出动作的情况相比,机床1可精度良好地使载台141移动。其结果,与不进行移动误差算出动作的情况相比,机床1可精度良好地对工件W进行加工。进而,在测量头22或后述的测量头22d-1组装在加工头11上的情况下,与不进行移动误差算出动作的情况相比,测量系统2可适当地对载置在载台141上的工件W进行测量。

[0223] 加工系统SYS可在机床1开始对工件W进行加工之前进行移动误差算出动作。在所述情况下,机床1在开始对工件W进行加工之后,可使加工头11及载台141中的至少一者移动,以修正(例如抵消)在移动误差算出动作中算出的移动误差。因此,机床1可精度良好地使加工头11移动。即,机床1可精度良好地对工件W进行加工。

[0224] 但是,加工系统SYS也可在机床1对工件W进行加工的期间的至少一部分中进行移动误差算出动作。换句话说,加工系统SYS也可在机床1开始对工件W进行加工之后进行移动误差算出动作。再换句话说,加工系统SYS也可在从机床1开始对工件W进行加工到机床1结束对工件W进行加工之间的期间的至少一部分中进行移动误差算出动作。进而,加工系统SYS也可在机床1结束对加工工件W进行加工之后进行移动误差算出动作。

[0225] 在本实施方式中,为了算出移动误差,如图9所示,测量头22对基准构件FM照射测量光ML并接收来自基准构件FM的返回光RL。然后,测量控制装置24基于测量头22中的测量结果(即,参照光RB与返回光RL的干涉光的受光结果),算出测量头22与基准构件FM之间的距离。然后,测量控制装置24基于测量头22与基准构件FM之间的距离,算出移动误差。此外,

关于基于测量头22与基准构件FM之间的距离来算出移动误差的动作的具体例,将在之后进行详细叙述。

[0226] 在图10的(a)及图10的(b)中示出基准构件FM的配置的一例。如图10的(a)及图10的(b)所示,在本实施方式中,至少一个基准构件FM配置在载台141上所载置的工件W上。进而,至少一个基准构件FM可配置在载台141上。但是,基准构件FM也可不配置在载台141上。在以下的说明中,作为一例,对基准构件FM配置在工件W及载台141的各者上的例子进行说明。此外,基准构件FM也可不配置在载台141上所载置的工件W上。

[0227] 在本实施方式中,进而可在工件W及载台141上配置多个基准构件FM。在图10的(a)及图10的(b)所示的例子中,在工件W上配置有至少四个基准构件FM,在载台141上配置有至少四个基准构件FM。然而,在工件W上也可配置三个以下或五个以上的基准构件FM。在载台141上也可配置三个以下或五个以上的基准构件FM。

[0228] 多个基准构件FM也可以在位于机械坐标系内的任意位置的测量头22的测量范围内包含至少N(此外,N是表示1以上的整数的常数)个基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。多个基准构件FM可以在机械坐标系内移动的测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。此外,测量头22的测量范围可指能够利用由检流计镜2228变更行进方向的测量光ML进行扫描的区域。另外,“N”是表示测量头22的测量范围中所含的基准构件FM数量的最小值的变量,典型而言是表示1以上的整数的变量。此外,N也可表示4以上的整数的变量。

[0229] 作为一例,多个基准构件FM可以在位于机械坐标系内的第一位置的测量头22的测量范围内包含至少N个第一基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。进而,多个基准构件FM也可以在位于机械坐标系内的与第一位置不同的第二位置的测量头22的测量范围内包含至少N个第二基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。此外,至少N个第二基准构件FM可与至少N个第一基准构件FM不同。或者,至少N个第二基准构件FM中的一部分可与至少N个第一基准构件FM的一部分相同。或者,至少N个第二基准构件FM中的全部可与至少N个第一基准构件FM的全部相同。

[0230] 作为另一例,在载台141位于机械坐标系内的第三位置的状况下,多个基准构件FM也可以在测量头22的测量范围内包含至少N个第三基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。进而,在载台141位于机械坐标系内的与第三位置不同的第四位置的状况下,多个基准构件FM也可以在测量头22的测量范围内包含至少N个第四基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。此外,至少N个第四基准构件FM可与至少N个第三基准构件FM不同。或者,至少N个第四基准构件FM中的一部分也可与至少N个第三基准构件FM的一部分相同。或者,至少N个第四基准构件FM中的全部可与至少N个第三基准构件FM的全部相同。

[0231] 作为变量N的一例,可列举4。在所述情况下,多个基准构件FM可以在位于机械坐标系内的期望位置的测量头22的测量范围内包含至少四个基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。多个基准构件FM也可以在机械坐标系内移动的测量头22的测量范围内包含至少四个基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。

[0232] 此外,作为变量N的一例而列举4的理由之一,可列举如后所述在第一移动误差算出动作中使用多边测量的原理。在所述情况下,在作出多条将测量头22与基准点FM连结的线的基础上,基于所述线的长度(即,测量头22与基准构件FM之间的距离)算出测量头22的

位置,并基于测量头22的位置算出移动误差。在本实施方式中,不仅测量头22的位置而且基准构件FM的位置也为未知的参数,因此为了设定后述的最小化问题,需要至少四个基准构件FM。但是,根据最小化问题的设定方法,基准构件FM也可为三个以下。

[0233] 此处,在载台141及工件W的各者上配置有基准构件FM的情况下,与仅在载台141上配置有基准构件FM的情况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。

[0234] 例如,图11的(a)示出在载台141及工件W的各者上配置有基准构件FM的状况下,在工件W的上方对基准构件FM照射测量光ML的测量头22。另一方面,例如,图11的(b)示出在载台141上配置有基准构件FM但在工件W上未配置基准构件FM的状况下,在工件W的上方对基准构件FM照射测量光ML的测量头22。如图11的(b)所示,在工件W上未配置基准构件FM的情况下,位于工件W的上方的测量头22有可能无法对配置在载台141上的基准构件FM照射测量光ML。其原因在于,如图11的(b)所示,测量光ML有可能被工件W遮挡。另一方面,如图11的(a)所示,在工件W上也配置有基准构件FM的情况下,即使在位于工件W的上方的测量头22无法对配置在载台141上的基准构件FM照射测量光ML的情况下,测量头22也可对配置在工件W上的基准构件FM照射测量光ML。即,在图11的(a)所示的状况下,与图11的(b)所示的状况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。

[0235] 进而,图11的(c)示出在工件W上配置有基准构件FM但在载台141上未配置基准构件FM的状况下,在工件W的上方对基准构件FM照射测量光ML的测量头22。在所述情况下,如图11的(c)所示,在工件W上配置有基准构件FM的情况下,即使在位于工件W的上方的测量头22无法对配置在载台141上的基准构件FM照射测量光ML的情况下,测量头22也可对配置在工件W上的基准构件FM照射测量光ML。即,在图11的(c)所示的状况下,与图11的(b)所示的状况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。

[0236] 此外,图11的(d)示出在工件W上配置有基准构件FM但在载台141上未配置基准构件FM的状况下,在工件W的侧方对基准构件FM照射测量光ML的测量头22。在所述情况下,在载台141上未配置基准构件FM的情况下,根据测量头22与工件W的位置关系,位于工件W的侧方的测量头22有可能无法对配置在工件W(特别是其上表面)的基准构件FM照射测量光ML。另一方面,如图11的(e)所示,在载台141上也配置有基准构件FM的情况下,即使在位于工件W的侧方的测量头22无法对配置在工件W上的基准构件FM照射测量光ML的情况下,测量头22也可对配置在载台141上的基准构件FM照射测量光ML。即,在图11的(e)所示的状况下,与图11的(d)所示的状况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。但是,测量头22在工件W的侧方对基准构件FM照射测量光ML的频率有时比测量头22在工件W的上方对基准构件FM照射测量光ML的频率低。因此,即使在图11的(d)所示的状况下,在发生频率相对较高的“测量头22在工件W的上方对基准构件FM照射测量光ML的状况”下,能够享有“测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高”这一效果的图11的(c)所示的基准构件FM的配置是有益的,这一点没有改变。可以说,图11的(e)强调性地示出在发生频率不太高的“测量头22在工件W的侧方对基准构件FM照射测量光ML的状况”状况下,通过在载台141与工件W两者上配置有基准构件FM而能够实现的追加效果。

[0237] 再回到图10的(a)及图10的(b)中,基准构件FM可直接配置在载台141或工件W上。或者,基准构件FM也可经由能够对基准构件FM进行支撑的支撑构件而配置在载台141或工

件W上。即,基准构件FM也可经由支撑构件而间接地配置在载台或工件W上。具体而言,对基准构件FM进行支撑的支撑构件可直接配置在载台141或工件W上。作为能够对基准构件FM进行支撑的支撑构件的一例,可列举夹具。在图10的(b)所示的例子中,各基准构件FM经由棒状的支撑构件而配置在载台141或工件W上。此外,包括基准构件FM与对基准构件FM进行支撑的支撑构件的构件也可称为基准构件FM。

[0238] 多个基准构件FM可包括沿着机械坐标系的X轴分别配置在至少两个不同位置的至少两个基准构件FM。即,多个基准构件FM可包括沿着机械坐标系的X轴的位置互不相同的至少两个基准构件FM。换句话说,多个基准构件FM可包括沿着机械坐标系的X轴相互分离的至少两个基准构件FM。例如,可在工件W上配置沿着机械坐标系的X轴相互分离的至少两个基准构件FM。例如,可在载台141上配置沿着机械坐标系的X轴相互分离的至少两个基准构件FM。例如,配置在工件W上的至少一个基准构件FM与配置在载台141上的至少一个基准构件FM可沿着机械坐标系的X轴相互分离。

[0239] 多个基准构件FM也可包括沿着机械坐标系的Y轴分别配置在至少两个不同位置的至少两个基准构件FM。即,多个基准构件FM也可包括沿着机械坐标系的Y轴的位置互不相同的至少两个基准构件FM。换句话说,多个基准构件FM也可包括沿着机械坐标系的Y轴相互分离的至少两个基准构件FM。例如,也可在工件W上配置沿着机械坐标系的Y轴相互分离的至少两个基准构件FM。例如,也可在载台141上配置沿着机械坐标系的Y轴相互分离的至少两个基准构件FM。例如,配置在工件W上的至少一个基准构件FM与配置在载台141上的至少一个基准构件FM可沿着机械坐标系的Y轴相互分离。

[0240] 多个基准构件FM也可包括沿着机械坐标系的Z轴分别配置在至少两个不同位置的至少两个基准构件FM。即,多个基准构件FM也可包括沿着机械坐标系的Z轴的位置互不相同的至少两个基准构件FM。换句话说,多个基准构件FM也可包括沿着机械坐标系的Z轴相互分离的至少两个基准构件FM。由于Z轴为铅垂方向,因此多个基准构件FM也可包括高度互不相同的至少两个基准构件FM。例如,也可在工件W上配置高度互不相同的至少两个基准构件FM。例如,也可在载台141上配置高度互不相同的至少两个基准构件FM。例如,配置在工件W上的至少一个基准构件FM的高度与配置在载台141上的至少一个基准构件FM的高度也可不同。

[0241] 基准构件FM的高度可由对基准构件FM进行支撑的支撑构件(例如夹具)进行调节。例如,也可在工件W上配置分别由长度(高度)互不相同的至少两个棒状的支撑构件支撑的至少两个基准构件FM。例如,也可在载台141上配置分别由长度(高度)互不相同的至少两个棒状的支撑构件支撑的至少两个基准构件FM。

[0242] 基准构件FM可为具有已知特性的构件。例如,基准构件FM可为具有已知形状的构件。例如,基准构件FM可为具有已知尺寸的构件。例如,基准构件FM可为具有已知反射率(反射率分布)的构件。例如,基准构件FM可为具有已知透射率(透射率分布)的构件。例如,基准构件FM可为能够对入射的测量光ML进行复归反射的复归反射构件。复归反射构件可为角隅棱镜(corner cube),也可为球透镜。作为复归反射构件的一例,基准构件FM可为球形安装逆反射器(Spherically Mounted Retroreflectors, SMR)。此外,基准构件FM可称为反射器,也可称为复归反射构件。此外,基准构件FM还可称为靶。例如,基准构件FM可为标记。例如,基准构件FM可为增强现实(Augmented Reality, AR)标签,也可为条形码。

[0243] 基准构件FM可为在测量头22的测量范围内具有至少一个特征点的构件。此处,在测量范围内具有至少一个特征点的状态可指在基准构件FM的表面中的与测量范围对应的区域内具有至少一个特征点的状态。特征点可为满足如下条件的基准构件FM的部位:特征点能够与特征点以外的基准构件FM的部位区分开来。例如,特征点可为满足如下条件的基准构件FM的部位:特征点的特性能够与特征点以外的基准构件FM的部位的特性区分开来。作为特征点,可使用可与其他区域区分开来的基准构件FM的一个区域的顶点或角。作为特征点,也可使用可与其他区域区分开来的基准构件FM的一个区域的边界。在使用像这样在测量头22的测量范围内具有至少一个特征点的基准构件FM的情况下,具有可降低测量误差的优点。

[0244] (2-2) 移动误差算出动作的具体流程

[0245] 继而,对移动误差算出动作的具体流程进行说明。如上所述,移动误差包括在加工头11的平移移动中产生的移动误差、在加工头11的旋转移动中产生的移动误差、以及在载台141的平移移动中产生的移动误差及在载台141的旋转移动中产生的移动误差中的至少一个。以下,为了便于说明,依次说明用于算出加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的第一移动误差算出动作、以及用于算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差的第二移动误差算出动作。

[0246] (2-2-1) 用于算出加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的第一移动误差算出动作的具体流程

[0247] 首先,对用于算出加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的第一移动误差算出动作进行说明。

[0248] 在算出加工头11(测量头22)的平移移动中产生的移动误差的情况下,每当加工头11进行平移移动并停止时,测量头22可通过使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。即,每当加工头11平移移动到互不相同的多个位置时,测量头22可对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射利用检流计镜2228变更了行进方向的测量光ML。其结果,每当加工头11进行平移移动并停止时,测量头22接收来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL。测量控制装置24可基于每当加工头11平移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出加工头11的平移移动中产生的移动误差。特别是,测量控制装置24也可基于每当加工头11平移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出加工头11平移移动到互不相同的多个位置的空间中的加工头11的平移移动中产生的移动误差。

[0249] 此外,在加工头11平移移动的过程中(在加工头11未停止的状态下),测量头22也可通过依次使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。在所述情况下,测量控制装置24也可基于每当加工头11平移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出加工头11平移移动到互不相同的多个位置的空间中的加工头11的平移移动中产生的移动误差。

[0250] 在算出载台141的平移移动中产生的移动误差的情况下,每当载台141进行平移移

动并停止时,测量头22可通过使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。即,每当载台141平移移动到互不相同的多个位置时,测量头22可对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射利用检流计镜2228变更了行进方向的测量光ML。其结果,每当载台141进行平移移动并停止时,测量头22接收来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL。测量控制装置24可基于每当载台141平移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出载台141的平移移动中产生的移动误差。特别是,测量控制装置24可基于每当载台141平移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出载台141平移移动到互不相同的多个位置的空间中的载台141的平移移动中产生的移动误差。

[0251] 此外,在载台141平移移动的过程中(即,在载台141未停止的状态下),测量头22也可通过依次使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。在所述情况下,测量控制装置24也可基于每当载台141平移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出载台141平移移动到互不相同的多个位置的空间中的载台141的平移移动中产生的移动误差。

[0252] 此外,在算出平移移动中产生的移动误差的情况下,在载台141上载置工件W。例如,在算出平移移动中产生的移动误差的情况下,也可在载台141上载置配置有基准构件FM的工件W。例如,在算出平移移动中产生的移动误差的情况下,也可在载台141上载置未配置基准构件FM的工件W。但是,在算出平移移动中产生的移动误差的情况下,也可不在载台141上载置工件W。以下,为了便于说明,对在将配置有基准构件FM的工件W载置在载台141上的情况下进行的第一移动误差算出动作进行说明。但是,即使在将未配置基准构件FM的工件W载置在载台141上的情况或未将工件W载置在载台141上的情况下,加工系统SYS也可通过进行以下所示的第一移动误差算出动作来算出平移移动中产生的移动误差。

[0253] 以下,参照图12,对用于算出加工头11(测量头22)及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的第一移动误差算出动作的流程进行说明。图12是表示用于算出加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的第一移动误差算出动作的流程的流程图。

[0254] 如图12所示,首先,测量控制装置24使加工头11及载台141中的至少一者在机械坐标系内移动到初始位置之后在初始位置停止(步骤S101)。即,测量控制装置24对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制,以使加工头11及载台141中的至少一者在机械坐标系内移动到初始位置(步骤S101)。更具体而言,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制,以使加工头11及载台141中的至少一者在机械坐标系内移动到初始位置(步骤S101)。此外,在步骤S101中,测量控制装置24也可使加工头11及载台141中的至少一者平移移动。

[0255] 具体而言,测量控制装置24也可使加工头11移动到作为初始位置的一例的初始头位置。在所述情况下,在测量控制装置24的控制下,对头驱动系统12进行控制的加工控制装置16基于机械坐标系中的初始头位置,生成用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到初始头位置的头驱动控制信号。此外,用于生成头驱动控制信号的与初始头位置相关

的信息也可视为与加工头11的移动相关的指令值。头驱动控制信号其本身也可视为与加工头11的移动相关的指令值。然后,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16基于所生成的驱动控制信号,对头驱动系统12进行控制。其结果,头驱动系统12使加工头11移动,以使加工头11移动到初始头位置。其结果,加工头11在移动到初始头位置之后在初始头位置停止。

[0256] 但是,在此时刻,由于加工头11的移动误差未被修正,因此加工头11实际未必位于(即,停止在)初始头位置。即,机械坐标系中的加工头11的实际位置未必与机械坐标系中的初始头位置一致。

[0257] 初始头位置可为加工头11在机械坐标系内沿着平移轴能够移动的移动范围的端部的位置。例如,加工头11能够分别沿着平移轴(X)与平移轴(Z)移动。在所述情况下,初始头位置可为加工头11在机械坐标系内沿着平移轴(X)能够移动的移动范围的+X侧的端部的位置。初始头位置也可为加工头11在机械坐标系内沿着平移轴(X)能够移动的移动范围的-X侧的端部的位置。初始头位置也可为加工头11在机械坐标系内沿着平移轴(Z)能够移动的移动范围的+Z侧的端部的位置。初始头位置也可为加工头11在机械坐标系内沿着平移轴(Z)能够移动的移动范围的-Z侧的端部的位置。或者,作为初始头位置,也可使用加工头11的当前位置。在所述情况下,在步骤S101中,测量控制装置24也可不必使加工头11移动。但是,初始头位置并不限于此处例示的位置。

[0258] 测量控制装置24也可使载台141移动到作为初始位置的一例的初始载台位置。在所述情况下,在测量控制装置24的控制下,对载台驱动系统142进行控制的加工控制装置16基于机械坐标系中的初始载台位置,生成用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到初始载台位置的载台驱动控制信号。此外,用于生成载台驱动控制信号的与初始载台位置相关的信息也可视为与载台141的移动相关的指令值。载台驱动控制信号其本身也可视为与载台141的移动相关的指令值。然后,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16基于所生成的驱动控制信号,对载台驱动系统142进行控制。其结果,载台驱动系统142使载台141移动,以使载台141移动到初始载台位置。其结果,载台141在移动到初始载台位置之后在初始载台位置停止。

[0259] 但是,在此时刻,由于载台141的移动误差未被修正,因此载台141实际未必位于(即,停止在)初始载台位置。即,机械坐标系中的载台141的实际位置未必与机械坐标系中的初始载台位置一致。

[0260] 初始载台位置可为载台141在机械坐标系内沿着平移轴能够移动的移动范围的端部的位置。例如,载台141能够沿着平移轴(Y)移动。在所述情况下,初始载台位置可为载台141在机械坐标系内沿着平移轴(Y)能够移动的移动范围的+Y侧的端部的位置。初始载台位置也可为载台141在机械坐标系内沿着平移轴(Y)能够移动的移动范围的-Y侧的端部的位置。或者,作为初始载台位置,也可使用载台141的当前位置。在所述情况下,在步骤S101中,测量控制装置24也可不必使载台141移动。但是,初始载台位置并不限于此处例示的位置。

[0261] 然后,测量控制装置24进行全局扫描(步骤S102)。具体而言,测量控制装置24对测量头22进行控制以进行全局扫描(步骤S102)。其结果,测量头22进行全局扫描(步骤S102)。

[0262] 如示出进行全局扫描的测量头22的图13所示,全局扫描是利用测量光ML对相当于

测量头22的测量范围的全局扫描区GSA进行扫描的动作。为了进行全局扫描,测量控制装置24对测量头22的检流计镜2228进行控制,以利用测量光ML对全局扫描区GSA进行扫描。其结果,测量头22接收来自全局扫描区GSA的返回光RL。即,测量头22的光检测器2226接收来自全局扫描区GSA的返回光RL。

[0263] 如上所述,在测量控制装置24算出测量对象物与测量头22之间的距离的情况下,光检测器2226接收返回光RL与参照光RB的干涉光。另一方面,在测量头22进行全局扫描的情况下,光检测器2226可接收返回光RL但不接收参照光RB。即,光检测器2226也可不接收返回光RL与参照光RB的干涉光。在测量头22进行全局扫描的情况下,生成作为入射到光检测器2226的参照光RB的测量光ML#1的测量光源21#1也可不生成测量光ML#1。换句话说,测量光源21#1也可不射出测量光ML#1。或者,也可在测量光源21#1与光检测器2226之间的测量光ML#1的光路上插入对测量光ML#1进行遮光的遮光构件。

[0264] 然后,测量控制装置24基于全局扫描的结果,算出局部扫描区LSA相对于测量头22的方向(步骤S103)。如图13所示,局部扫描区LSA是全局扫描区GSA内基准构件FM所处的区域。因此,在步骤S103中,可视为测量控制装置24基于全局扫描的结果,算出全局扫描区GSA内存在的基准构件FM相对于测量头22的方向。

[0265] 特别是,局部扫描区LSA是比全局扫描区GSA小的区域。因此,局部扫描区LSA是全局扫描区GSA内基准构件FM所处的区域,且是相当于全局扫描区GSA的一部分的区域。

[0266] 为了算出局部扫描区LSA的方向,测量控制装置24获取光检测器2226中的检测结果(即,返回光RL的受光结果)作为全局扫描的结果。此处,测量光ML照射到基准构件FM时的返回光RL的强度与测量光ML未照射到基准构件FM时的返回光RL的强度不同的可能性高。反过来说,可将基准构件FM的反射率(反射率分布)设定成,使得测量光ML照射到基准构件FM时的返回光RL的强度与测量光ML未照射到基准构件FM时的返回光RL的强度不同。典型而言,测量光ML照射到基准构件FM时的返回光RL的强度高于测量光ML未照射到基准构件FM时的返回光RL的强度的可能性高。反过来说,可将基准构件FM的反射率(反射率分布)设定成,使得测量光ML照射到基准构件FM时的返回光RL的强度高于测量光ML未照射到基准构件FM时的返回光RL的强度。在所述情况下,作为一例,测量控制装置24可基于光检测器2226中的检测结果(即,返回光RL的受光结果),来确定测量光ML照射到基准构件FM的期间。即,测量控制装置24可将测量光ML照射到基准构件FM的期间与测量光ML未照射到基准构件FM的期间区分开来。然后,测量控制装置24可基于测量光ML照射到基准构件FM的期间中的与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出在测量光ML照射基准构件FM的期间中从检流计镜2228射出测量光ML的方向,作为基准构件FM相对于测量头22的方向。即,测量控制装置24也可算出在测量光ML照射到基准构件FM的期间中从检流计镜2228射出测量光ML的方向,作为局部扫描区LSA相对于测量头22的方向。作为与检流计镜2228的驱动状态相关的信息的一例,可列举与检流计镜2228所包括的扫描镜22281的旋转角度相关的信息。

[0267] 如上所述,在测量头22的测量范围中包含至少N个基准构件FM的情况下,测量控制装置24可算出至少N个基准构件FM分别所处的至少N个局部扫描区LSA各自的方向。在本实施方式中,对在进行第一移动误差算出动作的情况下将变量N设定为4的例子进行说明。在所述情况下,多个基准构件FM也可以在测量头22的测量范围内包含至少四个基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。测量控制装置24可算出在测量范围内(即,在全局扫描区

GSA内)至少四个基准构件FM分别所处的至少四个局部扫描区LSA各自的方向。

[0268] 但是,即使在算出各局部扫描区LSA的方向的情况下,测量头22也可接收来自全局扫描区GSA的返回光RL(即,来自基准构件FM的返回光RL)与参照光RB的干涉光。在所述情况下,测量控制装置24可基于返回光RL与参照光RB的干涉光的受光结果,算出基准构件FM所处的局部扫描区LSA与测量头22之间的距离。然后,测量控制装置24可基于所算出的到局部扫描区LSA的距离、根据返回光RL的强度算出的局部扫描区LSA的方向、以及加工头11在机械坐标系中的位置(即,组装在加工头11上的测量头22的位置),算出局部扫描区LSA在机械坐标系中的位置。此外,加工头11在机械坐标系中的位置可从能够对加工头11的位置进行测量的位置测量装置13获取。

[0269] 此外,局部扫描区LSA中所含的基准构件FM的数量并不限于一个。即,一个局部扫描区LSA中也可存在至少两个基准构件FM。在所述情况下,测量控制装置24可算出至少两个基准构件FM所处的单一的局部扫描区LSA的方向。在所述情况下,测量控制装置24也可不算出至少N个基准构件FM分别所处的N个局部扫描区LSA各自的方向。例如,测量控制装置24在测量头22的测量范围中包含至少N个基准构件FM的情况下,可算出比N个少且为两个以上的局部扫描区LSA的方向。

[0270] 然后,测量控制装置24进行局部扫描(步骤S104)。具体而言,测量控制装置24对测量头22进行控制以进行局部扫描(步骤S104)。其结果,测量头22进行局部扫描(步骤S104)。

[0271] 如示出进行局部扫描的测量头22的图14所示,局部扫描是利用测量光ML对至少四个局部扫描区LSA的各个进行扫描的动作。为了进行局部扫描,测量控制装置24基于在步骤S103中确定的至少四个局部扫描区LSA各自的方向,利用测量光ML对至少四个局部扫描区LSA的各个进行扫描。具体而言,测量控制装置24对检流计镜2228进行控制,以朝向在步骤S103中确定的一个局部扫描区LSA的方向射出测量光ML。进而,测量控制装置24对检流计镜2228进行控制,以利用朝向在步骤S103中确定的一个局部扫描区LSA的方向射出的测量光ML对一个局部扫描区LSA进行扫描。其结果,测量头22利用测量光ML对一个局部扫描区LSA进行扫描,且接收来自一个局部扫描区LSA的返回光RL。即,测量头22的光检测器2226接收来自一个局部扫描区LSA的返回光RL。测量控制装置24以与局部扫描区LSA的数量对应的次数反复进行所述动作。

[0272] 然后,测量控制装置24基于局部扫描的结果,算出基准构件FM相对于测量头22的方向(步骤S105)。即,测量控制装置24基于局部扫描的结果,算出至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向(步骤S105)。

[0273] 为了算出至少四个基准构件FM各自的方向,测量控制装置24获取光检测器2226中的检测结果(即,返回光RL的受光结果)作为局部扫描的结果。此处,如上所述,测量光ML照射到基准构件FM时的返回光RL的强度与测量光ML未照射到基准构件FM时的返回光RL的强度不同的可能性高。在所述情况下,测量控制装置24可基于来自一个局部扫描区LSA的返回光RL的受光结果,确定对位于一个局部扫描区LSA的一个基准构件FM照射了扫描一个局部扫描区LSA的测量光ML的期间。即,测量控制装置24可将对一个局部扫描区LSA进行扫描的测量光ML被照射到位于一个局部扫描区LSA的一个基准构件FM的期间、与对一个局部扫描区LSA进行扫描的测量光ML未照射到位于一个局部扫描区LSA的一个基准构件FM的期间区分开来。然后,测量控制装置24可基于测量光ML被照射到位于一个局部扫描区LSA的一个基

准构件FM的期间中的与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出在测量光ML被照射到位于一个局部扫描区LSA的一个基准构件FM的期间中测量光ML从检流计镜2228射出的方向,作为位于一个局部扫描区LSA的一个基准构件FM相对于测量头22的方向。测量控制装置24以与局部扫描区LSA的数量对应的次数反复进行所述动作。其结果,可算出至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向。

[0274] 此外,局部扫描中的测量光ML的扫描间距也可比全局扫描中的测量光ML的扫描间距窄。例如,测量头22也可使用测量光ML以第一扫描间距对全局扫描区GSA进行扫描。另一方面,例如,测量头22也可使用测量光ML以比第一扫描间距窄的第二扫描间距对各局部扫描区LSA进行扫描。此外,测量光ML的扫描间距可指被照射测量光ML的多个扫描点(照射点)之间的间隔。由于测量头22接收来自各扫描点(照射点)的返回光RL,因此测量光ML的扫描间距也可视为与光检测器2226对返回光RL进行检测的周期等效。在所述情况下,为了进行全局扫描,测量头22可对在比局部扫描区LSA宽的全局扫描区GSA内以相对粗大的分布状态分布的多个扫描点(照射点)的各个照射测量光ML。其结果,测量头22可在全局扫描区GSA内大致地搜索基准构件FM存在的位置(即,局部扫描区LSA的位置)。另一方面,为了进行局部扫描,测量头22也可对在比全局扫描区GSA窄的局部扫描区LSA内以相对密集的分布状态分布的多个扫描点(照射点)的各个照射测量光ML。其结果,测量头22可在局部扫描区LSA内细致地搜索基准构件FM存在的位置。其结果,与局部扫描中的测量光ML的扫描间距不窄于全局扫描中的测量光ML的扫描间距的情况相比,测量控制装置24可更迅速地算出基准构件FM的方向。

[0275] 但是,测量控制装置24也可未必进行局部扫描。即,测量控制装置24也可不进行步骤S103至步骤S104的动作。在所述情况下,测量控制装置24也可在步骤S105中基于全局扫描的结果,算出至少四个基准构件FM相对于测量头22的方向。具体而言,测量控制装置24获取光检测器2226中的检测结果(即,返回光RL的受光结果)作为全局扫描的结果。此处,如上所述,测量光ML被照射到基准构件FM时的返回光RL的强度与测量光ML未照射到基准构件FM时的返回光RL的强度不同的可能性高。在所述情况下,测量控制装置24可基于光检测器2226中的检测结果(即,返回光RL的受光结果),确定测量光ML被照射到基准构件FM的期间。然后,测量控制装置24可基于测量光ML被照射到基准构件FM的期间中的与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出在测量光ML被照射到基准构件FM的期间中测量光ML从检流计镜2228射出的方向,作为基准构件FM相对于测量头22的方向。

[0276] 此外,在不进行局部扫描的情况下,测量头22也可使用测量光ML以局部扫描中使用的相对窄的扫描间距对全局扫描区GSA进行扫描。

[0277] 此外,在步骤S105中,测量控制装置24也可在不使用全局扫描的结果及局部扫描的结果的情况下,算出基准构件FM相对于测量头22的方向。例如,在机械坐标系中的基准构件FM的位置已知的情况下,也可基于其位置来算出基准构件FM相对于测量头22的方向。此外,机械坐标系中的基准构件FM的位置也可并非已知。例如,在机床1包括照相机的情况下,测量控制装置24也可通过对照相机拍摄到的图像进行分析,算出基准构件FM相对于测量头22的方向。

[0278] 另外,在步骤S105中,测量控制装置24可在算出各基准构件FM的方向的基础上或代替其而算出各基准构件FM的位置。当算出各基准构件FM的位置时,判明各基准构件FM的

方向。因此,在步骤S105中算出各基准构件FM的方向的动作也可包括算出各基准构件FM的位置的动作。为了算出各基准构件FM的位置,测量头22可接收来自局部扫描区LSA的返回光RL(即,来自基准构件FM的返回光RL)与参照光RB的干涉光。在所述情况下,测量控制装置24可基于返回光RL与参照光RB的干涉光的受光结果,算出基准构件FM与测量头22之间的距离。然后,测量控制装置24可基于所算出的到基准构件FM的距离、根据返回光RL的强度算出的基准构件FM的方向、以及加工头11在机械坐标系中的位置(即,组装在加工头11上的测量头22的位置),算出基准构件FM在机械坐标系中的位置。

[0279] 然后,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对基准构件FM照射测量光ML(步骤S106)。即,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对至少四个基准构件FM的各个照射测量光ML(步骤S106)。其结果,测量头22对至少四个基准构件FM的各个照射测量光ML(步骤S106)。其结果,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL(步骤S106)。

[0280] 为了对至少四个基准构件FM的各个照射测量光ML,测量控制装置24基于在步骤S105中确定的至少四个基准构件FM各自的方向,对至少四个基准构件FM的各个照射测量光ML。具体而言,测量控制装置24对检流计镜2228进行控制,以朝向在步骤S105中确定的一个基准构件FM的方向射出测量光ML。其结果,测量头22对一个基准构件FM照射测量光ML,且接收来自一个基准构件FM的返回光RL。即,测量头22的光检测器2226接收来自一个基准构件FM的返回光RL。测量控制装置24以与测量头22的测量范围中所含的基准构件FM的数量对应的次数反复进行所述动作。

[0281] 然后,测量控制装置24判定是否使加工头11及载台141中的任一者移动(步骤S107)。特别是,在步骤S107中,测量控制装置24判定是否使加工头11及载台141中的任一者沿着平移轴平移移动。反过来说,在进行步骤S102至步骤S106的动作的期间中,加工头11及载台141分别不移动。在进行步骤S102至步骤S106的动作的期间中,加工头11及载台141分别停止。

[0282] 例如,在加工头11及载台141中的任一者平移移动的次数小于必要移动次数的情况下,测量控制装置24可判定为使加工头11及载台141中的任一者移动。例如,在加工头11及载台141中的任一者平移移动的次数已成为必要移动次数以上的情况下,测量控制装置24可判定为不使加工头11及载台141中的任一者移动。

[0283] 在步骤S107中的判定结果例如判定为使加工头11及载台141中的任一者移动的情况下(步骤S107:是(Yes)),测量控制装置24使加工头11及载台141中的任一者在机械坐标系内移动(步骤S108)。特别是,测量控制装置24使加工头11及载台141中的任一者在机械坐标系内沿着平移轴平移移动(步骤S108)。例如,测量控制装置24可使加工头11在机械坐标系内沿着平移轴(X)及平移轴(Z)中的至少一者平移移动。例如,测量控制装置24也可在使加工头11平移移动的基础上或代替其而使载台141在机械坐标系内沿着平移轴(Y)平移移动。

[0284] 在步骤S108中,测量控制装置24不使加工头11及载台141同时平移移动。例如,在步骤S108中,测量控制装置24在使加工头11平移移动的情况下,不会使载台141与加工头11的平移移动并行地平移移动。另一方面,在步骤S108中,测量控制装置24在使载台141平移移动的情况下,不会使加工头11与载台141的平移移动并行地平移移动。但是,测量控制装置24也可在步骤S108中使加工头11及载台141同时平移移动。

[0285] 在步骤S108中,测量控制装置24可以使加工头11移动到尚未被指定为加工头11的移动目的地的期望头位置的方式使加工头11移动。如上所述,在加工头11停止的状态下,测量头22对基准构件FM照射测量光ML,因此测量控制装置24可以使加工头11移动到满足如下条件、即在加工头11停止在期望头位置的状态下测量头22尚未对基准构件FM照射测量光ML这一条件的期望头位置的方式,使加工头11移动。

[0286] 关于在步骤S108中使加工头11及载台141中的任一者平移移动的目的的一例,也可视为是将加工头11与载台141的相对位置关系设定为互不相同的至少多个位置关系的各个。其结果,如后所述,测量控制装置24可设定多个用于算出移动误差的测量点MP,且可根据多个测量点MP的位置适当地算出平移移动中产生的移动误差。进而,在步骤S108中加工头11及载台141中的任一者进行平移移动的情况下,与在步骤S208中加工头11及载台141中的任一者不进行平移移动的情况相比,能够算出机械坐标系内的移动误差的空间扩大。其原因在于,加工头11及载台141中的任一者随着平移移动,测量点MP在机械坐标系内进行平移移动。因此,关于在步骤S108中使加工头11及载台141中的任一者平移移动的目的的一例,也可视为扩大能够算出机械坐标系内的移动误差的空间。

[0287] 在使加工头11移动到机械坐标系的期望头位置的情况下,在测量控制装置24的控制下,对头驱动系统12进行控制的加工控制装置16基于机械坐标系中的期望头位置,生成用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到期望头位置的头驱动控制信号。此外,用于生成头驱动控制信号的与期望头位置相关的信息也可视为与加工头11的移动相关的指令值。头驱动控制信号其本身也可视为与加工头11的移动相关的指令值。然后,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16基于所生成的头驱动控制信号,对头驱动系统12进行控制。其结果,头驱动系统12以使加工头11移动到期望头位置的方式使加工头11移动。其结果,加工头11在移动到期望头位置之后在期望头位置停止。

[0288] 但是,在此时刻,由于加工头11的移动误差未被修正,因此加工头11实际未必位于(即停止在)期望头位置。即,机械坐标系中的加工头11的实际位置未必与机械坐标系中的期望头位置一致。

[0289] 在步骤S108中,测量控制装置24可以使载台141移动到尚未被指定为载台141的移动目的地的期望载台位置的方式使载台141移动。如上所述,在载台141停止的状态下,测量头22对基准构件FM照射测量光ML,因此,测量控制装置24可以使载台141移动到满足如下条件、即在载台141在期望载台位置停止的状态下测量头22尚未对基准构件FM照射测量光ML这一条件的期望载台位置的方式,使载台141移动。

[0290] 在使载台141移动到机械坐标系的期望载台位置的情况下,在测量控制装置24的控制下,对载台驱动系统142进行控制的加工控制装置16基于机械坐标系中的期望载台位置,生成用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到期望载台位置的载台驱动控制信号。此外,用于生成载台驱动控制信号的与期望载台位置相关的信息也可视为与载台141的移动相关的指令值。载台驱动控制信号其本身也可视为与载台141的移动相关的指令值。然后,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16基于所生成的驱动控制信号,对载台驱动系统142进行控制。其结果,载台驱动系统142以使载台141移动到期望载台位置的方式使载台141移动。其结果,载台141在移动到期望载台位置之后在期望载台位置停止。

[0291] 但是,在此时刻,由于载台141的移动误差未被修正,因此载台141实际未必位于

(即,停止在)期望载台位置。即,机械坐标系中的载台141的实际位置未必与机械坐标系中的期望载台位置一致。

[0292] 然后,测量控制装置24算出局部扫描区LSA相对于测量头22的方向(步骤S109)。即,测量控制装置24算出至少四个局部扫描区LSA各自相对于测量头22的方向(步骤S109)。但是,在步骤S109中,测量控制装置24在不使用全局扫描的结果的情况下算出局部扫描区LSA的方向。即,在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后,测量控制装置24也可不再次进行全局扫描。其结果,可缩短进行移动误差算出动作所需的时间。

[0293] 在步骤S109中,测量控制装置24基于在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之前的、与至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向相关的基准构件方向信息、以及与步骤S108中的加工头11及载台141中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者相关的移动信息,算出在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后的、至少四个局部扫描区LSA各自相对于测量头22的方向。具体而言,测量控制装置24可基于基准构件方向信息与移动信息,推定在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之前相对于测量头22位于一个方向上的一个基准构件FM在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后相对于测量头22位于哪个方向上,由此算出在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后的一个局部扫描区LSA相对于测量头22的方向。基准构件方向信息能够作为步骤S105的动的结果而获取。另一方面,移动信息也可根据头驱动控制信号及载台驱动控制信号中的至少一者而生成。或者,移动信息也可根据对加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13及对载台141的位置进行测量的位置测量装置143中的至少一者的测量结果而生成。测量控制装置24可以与局部扫描区LSA的数量对应地次数反复进行所述动作。其结果,算出至少四个局部扫描区LSA各自相对于测量头22的方向。

[0294] 此外,通过加工头11及载台141中的至少一者的移动,加工头11与载台141之间的相对位置关系发生改变。具体而言,通过加工头11及载台141中的至少一者的移动,加工头11与载台141之间的相对位置关系从第一位置关系变为第二位置关系。在所述情况下,在步骤S109中使用的基准构件方向信息也可视为与加工头11与载台141之间的相对位置关系为第一位置关系的情况下的、至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向相关的信息。在步骤S109中使用的移动信息也可视为与将加工头11与载台141之间的相对位置关系从第一位置关系变更为第二位置关系所需的加工头11及载台141中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者相关的信息。也可视为,在步骤S109中,测量控制装置24基于基准构件方向信息与移动信息,算出(例如,推定)加工头11与载台141之间的相对位置关系为第二位置关系的情况下的、至少四个局部扫描区LSA各自相对于测量头22的方向。

[0295] 但是,测量控制装置24也可在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后再次进行全局扫描(步骤S102),并基于全局扫描的结果算出局部扫描区LSA相对于测量头22的方向(步骤S103)。

[0296] 在步骤S109(或步骤S103)中算出局部扫描区LSA的方向之后,测量控制装置24进行局部扫描(步骤S104),并基于局部扫描的结果算出基准构件FM相对于测量头22的方向(步骤S105)。

[0297] 但是,即使在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后,测量控制装置24也可未必进行局部扫描。即,测量控制装置24也可不进行步骤S109及步骤S104的动作。

在所述情况下,测量控制装置24也可在步骤S105中,基于基准构件方向信息与移动信息,算出在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后的、至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向。具体而言,测量控制装置24可基于基准构件方向信息与移动信息,推定在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之前相对于测量头22位于一个方向上的一个基准构件FM在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后相对于测量头22位于哪个方向上,由此算出在步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动之后的、一个基准构件FM相对于测量头22的方向。测量控制装置24以与基准构件FM的数量对应的次数反复进行所述动作。其结果,算出至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向。

[0298] 此外,通过加工头11及载台141中的至少一者的移动,加工头11与载台141之间的相对位置关系发生改变。具体而言,通过加工头11及载台141中的至少一者的移动,加工头11与载台141之间的相对位置关系从第一位置关系变为第二位置关系。在所述情况下,也可视为,在步骤S105中,测量控制装置24基于基准构件方向信息与移动信息,算出(例如,推定)加工头11与载台141之间的相对位置关系为第二位置关系的情况下的、至少四个基准构件FM各自相对于测量头22的方向。

[0299] 然后,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对基准构件FM照射测量光ML(步骤S106)。即,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对至少四个基准构件FM的各个照射测量光ML(步骤S106)。特别是,在步骤S106中,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对至少四个基准构件FM的各个照射作为平行光的测量光ML(步骤S106)。其结果,测量头22对至少四个基准构件FM的各个照射测量光ML(步骤S106)。其结果,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL(步骤S106)。

[0300] 如此,在本实施方式中,每当加工头11沿着平移轴移动并停止时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。换句话说,每当加工头11沿着平移轴平移移动到互不相同的多个位置时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。即,每当加工头11沿着平移轴依次平移移动到互不相同的多个位置并停止时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。

[0301] 同样地,在本实施方式中,每当载台141沿着平移轴移动并停止时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。换句话说,每当载台141沿着平移轴平移移动到互不相同的多个位置时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。即,每当载台141沿着平移轴依次平移移动到互不相同的多个位置并停止时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。特别是,在载台141移动的情况下,配置在载台141上或载台141上所载置的工件W上的基准构件FM也移动。因此,也可以说,每当载台141沿着平移轴移动并停止时,测量头22接收来自随着载台141的移动而移动的至少四个基准构件FM的各个的返回光RL。

[0302] 在步骤S108中使加工头11及载台141中的至少一个平移移动的情况下,测量控制装置24为了排除加工头11及载台141中的至少一个的平移移动中产生的反冲(backlash)成分的影响,也可使加工头11及载台141中的至少一个沿着相同的移动方向以相同的朝向平移移动。例如,测量控制装置24首先可进行X扫描移动动作,所述X扫描移动动作反复进行使加工头11沿着平移轴(X)逐次移动期望移动量的动作,使得加工头11从加工头11在机械坐

标系内沿着平移轴(X)以第一朝向能够移动的移动范围的一端移动到一端。然后,测量控制装置24可进行使载台141沿着平移轴(Y)以第二朝向移动规定的移动量的Y步进移动动作。然后,测量控制装置24可交替反复进行X扫描移动动作与Y步进移动动作,直到载台141从载台141在机械坐标系内沿着平移轴(Y)能够移动的移动范围的一端移动到一端为止。然后,测量控制装置24可进行使加工头11沿着平移轴(Z)以第三朝向移动期望移动量的Z步进移动动作。然后,测量控制装置24可交替地再次反复进行X扫描移动动作与Y步进移动动作,直到载台141从载台141在机械坐标系内沿着平移轴(Y)能够移动的移动范围的一端移动到一端为止。以后,也可反复进行同样的动作,直到加工头11从加工头11在机械坐标系内沿着平移轴(Z)能够移动的移动范围的一端移动到一端为止。

[0303] 另一方面,在步骤S107中的判定结果例如判定为不使加工头11及载台141移动的情况下(步骤S107:否(No)),测量控制装置24基于步骤S106中的返回光RL的受光结果,算出测量头22对基准构件FM进行测量后的测量点MP的实际位置(步骤S110)。即,测量控制装置24基于步骤S106中的返回光RL的受光结果,算出对基准构件FM进行测量的时刻下的测量头22的实际位置作为测量点MP的实际位置(步骤S110)。在本实施方式中,作为测量点MP的位置,使用测量头22的基准点FP的位置。即,在本实施方式中,作为测量头22的位置,使用测量头22的基准点FP的位置。因此,在以下的说明中,在无特别表述的情况下,测量头22的位置是指测量头22的基准点FP的位置。基准点FP是作为算出所述测量头22与测量对象物之间的距离的基准的测量头22的部位。作为测量头22的基准点FP的一例,可列举所述枢轴点PV。在所述情况下,在步骤S110中,测量控制装置24基于步骤S106中的返回光RL的受光结果,算出测量头22的基准点FP的实际位置。

[0304] 当加工头11移动时,加工头11与载台141的位置关系发生改变。因此,当加工头11移动时,组装在加工头11上的测量头22与载台141的位置关系也发生改变。因此,测量点MP与载台141的位置关系发生改变。同样地,当载台141移动时,加工头11与载台141的位置关系发生改变。因此,当载台141移动时,组装在加工头11上的测量头22与载台141的位置关系发生改变。因此,测量点MP与载台141之间的位置关系发生改变。因此,测量点MP也可视为随着步骤S101或步骤S108中的加工头11及载台141中的至少一者的移动而相对于载台141相对移动的点。测量点MP也可视为随着步骤S101或步骤S108中的加工头11及载台141中的至少一者的移动而相对于载置在载台141上的工件W相对移动的点。测量点MP也可视为随着步骤S101或步骤S108中的加工头11及载台141中的至少一者的移动而相对于配置在载台141上的基准构件FM相对移动的点。测量点MP也可视为随着步骤S101或步骤S108中的加工头11及载台141中的至少一者的移动而相对于配置在载台141上所载置的工件W上的基准构件FM相对移动的点。

[0305] 此处,如上所述,每当在步骤S101或步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动时,测量头22接收来自至少四个基准构件FM的返回光RL。因此,测量控制装置24可基于每当在步骤S101或步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动时测量头22接收的来自至少四个基准构件FM的返回光RL,算出随着加工头11及载台141中的至少一者的移动而移动的测量点MP的位置。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将基于在步骤S101或步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动到第j次后测量头22接收的来自至少四个基准构件FM的返回光RL而算出其位置的测量点MP称为测量点MP#j。即,将在步骤S106中测量

头22进行了对至少四个基准构件FM进行测量的动作的次数为第j次时的测量点MP称为测量点MP#j。此外,“j”是表示在步骤S101或步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者移动的次数的变量。“j”是表示在步骤S106中测量头22进行了对至少四个基准构件FM进行测量的动作的次数的变量。

[0306] 例如,步骤S101中的加工头11及载台141中的至少一者的移动为第一次移动。在所述情况下,测量控制装置24可基于在加工头11及载台141中的至少一者第一次进行移动并停止之后测量头22接收到的返回光RL的受光结果,算出测量头22的基准点FP的位置作为测量点MP#1的位置。进而,之后首次进行的步骤S108中的加工头11及载台141中的至少一者的移动为第二次移动。在所述情况下,测量控制装置24可基于在加工头11及载台141中的至少一者第二次进行移动并停止之后测量头22接收到的返回光RL的受光结果,算出测量头22的基准点FP的位置作为测量点MP#2的位置。

[0307] 之后将参照图17进行详细叙述,在步骤S110中,为了算出多个测量点MP各自的位置,测量控制装置24首先基于来自至少四个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出位于各测量点MP的测量头22与至少四个基准构件FM的各个之间的距离。测量控制装置24以与测量点MP的数量(即,加工头11及载台141中的至少一者移动的次數)对应的次数反复进行算出所述距离的动作。然后,测量控制装置24基于所算出的距离,算出多个测量点MP的位置。

[0308] 在以下的说明中,对在进行第一移动误差算出动作的过程中加工头11及载台141中的至少一者移动J次的例子进行说明。在所述情况下,在步骤S110中,测量控制装置24算出测量点MP#1至测量点MP#J各自的位置。

[0309] 在本实施方式中,在进行第一移动误差算出动作的情况下,为了算出测量点MP#1至测量点MP#J的位置,测量控制装置24可在机械坐标系内新形成(换句话说,定义)与机械坐标系不同的测量坐标系。测量控制装置24也可在步骤S110中算出测量坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。

[0310] 只要是在机械坐标系内形成的坐标系,则测量坐标系可为任意坐标系。但是,测量控制装置24也可生成能够减少为了算出测量点MP#1至测量点MP#J的位置而测量控制装置24应算出的未知参数的数量的测量坐标系作为测量坐标系。

[0311] 在图15中示出测量坐标系的一例。如图15所示,测量控制装置24也可生成以测量点MP#1为原点的坐标系作为测量坐标系。在所述情况下,如图15所示,作为测量坐标系中的测量点MP#1的位置(X_{p1}, Y_{p1}, Z_{p1}),可使用位置(0,0,0)。其结果,为了算出测量点MP#1至测量点MP#J的位置而测量控制装置24应算出的未知参数的数量减少。

[0312] 测量控制装置24也可生成将测量点MP#1与测量点MP#2连结而成的轴成为第一轴(第一测量坐标轴)的坐标系作为测量坐标系。在所述情况下,用于使测量头22从测量点MP#1移动到测量点MP#2的加工头11及载台141中的至少一者的移动可为基于用于使加工头11及载台141中的至少一者沿着机械坐标系的X轴、Y轴及Z轴中的任意一个轴(第一机械坐标轴)移动的驱动控制信号的移动。在所述情况下,测量坐标系的第一测量坐标轴能够用作与机械坐标系的第一机械坐标轴对应的轴。例如,在为了使测量头22从测量点MP#1移动到测量点MP#2而基于使加工头11沿着机械坐标系的X轴移动的头驱动控制信号使加工头11进行了移动的情况下,测量控制装置24可生成将测量点MP#1与测量点MP#2连结而成的轴成为X

轴的坐标系作为测量坐标系。例如,在为了使测量头22从测量点MP#1移动到测量点MP#2而基于使载台141沿着机械坐标系的Y轴移动的载台驱动控制信号使载台141进行了移动的情况下,测量控制装置24也可生成将测量点MP#1与测量点MP#2连结而成的轴成为Y轴的坐标系作为测量坐标系。例如,在为了使测量头22从测量点MP#1移动到测量点MP#2而基于使加工头11沿着机械坐标系的Z轴移动的头驱动控制信号使加工头11进行了移动的情况下,测量控制装置24也可生成将测量点MP#1与测量点MP#2连结而成的轴成为Z轴的坐标系作为测量坐标系。

[0313] 此外,在以下的说明中,为了便于说明,使用如下的例子开展说明:如图15所示,为了使测量头22从测量点MP#1移动到测量点MP#2,基于使加工头11沿着机械坐标系的X轴移动的头驱动控制信号而使加工头11移动,其结果,测量控制装置24生成将测量点MP#1与测量点MP#2连结而成的轴成为X轴的测量坐标系。在所述情况下,如图15所示,作为测量坐标系中的测量点MP#2的位置 (X_{p2}, Y_{p2}, Z_{p2}) ,也可使用位置 $(X_{p2}, 0, 0)$ 。即,为了算出测量点MP#1至测量点MP#J的位置而测量控制装置24应算出的未知参数的数量减少。

[0314] 测量控制装置24也可生成沿着包含测量点MP#1、测量点MP#2以及测量点MP#3的面且与所述第一测量坐标轴正交的轴成为第二轴(第二测量坐标轴)的坐标系作为测量坐标系。在所述情况下,用于使测量头22从测量点MP#2移动到测量点MP#3的加工头11及载台141中的至少一者的移动也可基于如下驱动控制信号的移动:所述驱动控制信号是用于使加工头11及载台141中的至少一者沿着与第一机械坐标轴正交且为机械坐标系的X轴、Y轴及Z轴中的任意另一个轴(第二机械坐标轴)移动,且另一方面不使加工头11及载台141中的至少一者沿着与第一机械坐标轴正交且为机械坐标系的X轴、Y轴及Z轴中剩余的一个轴(第三机械坐标轴)移动。在所述情况下,测量坐标系的第二测量坐标轴能够用作与机械坐标系的第二机械坐标轴对应的轴。例如,为了使测量头22从测量点MP#2移动到测量点MP#3,基于使载台141沿着机械坐标系的Y轴移动的载台驱动控制信号而使载台141移动,且另一方面不使加工头11基于使加工头11沿着机械坐标系的Z轴移动的头驱动控制信号移动,在此情况下,测量控制装置24可生成沿着包含测量点MP#1、测量点MP#2以及测量点MP#3的面且与所述测量坐标系的X轴正交的轴成为Y轴的坐标系作为测量坐标系。例如,为了使测量头22从测量点MP#2移动到测量点MP#3,基于使加工头11沿着机械坐标系的Z轴移动的头驱动控制信号而使加工头11移动,且另一方面不使载台141基于使载台141沿着机械坐标系的Y轴移动的载台驱动控制信号移动,在此情况下,测量控制装置24可生成沿着包含测量点MP#1、测量点MP#2以及测量点MP#3的面且与所述测量坐标系的X轴正交的轴成为Z轴的坐标系作为测量坐标系。

[0315] 此外,在以下的说明中,为了便于说明,使用如下的例子开展说明:如图15所示,为了使测量头22从测量点MP#2移动到测量点MP#3,基于使载台141沿着机械坐标系的Y轴移动的载台驱动控制信号而使载台141移动,且另一方面不使加工头11基于使加工头11沿着机械坐标系的Z轴移动的头驱动控制信号移动,其结果,测量控制装置24生成沿着包含测量点MP#1、测量点MP#2以及测量点MP#3的面且与所述测量坐标系的X轴正交的轴成为Y轴的测量坐标系。在所述情况下,如图15所示,作为测量坐标系中的测量点MP#3的位置 (X_{p3}, Y_{p3}, Z_{p3}) ,也可使用位置 $(X_{p3}, Y_{p3}, 0)$ 。即,为了算出测量点MP#1至测量点MP#J的位置而测量控制装置24应算出的未知参数的数量减少。

[0316] 此外,在决定了第一测量坐标轴及第二测量坐标轴的时刻,也决定测量坐标系的剩余一个轴(第三测量坐标轴)。具体而言,测量控制装置24可将与第一测量坐标轴及第二测量坐标轴正交的轴用作测量坐标系的第三测量坐标轴。

[0317] 测量坐标系也可形成为随着载台141的移动而在机械坐标系内移动的坐标系。例如,如示出随着载台141的移动而在机械坐标系内移动的测量坐标系的图16所示,测量坐标系也可随着载台141沿着机械坐标系的Y轴的移动而沿着机械坐标系的Y轴移动。另一方面,在载台141不移动的情况下,测量坐标系也可不在机械坐标系内移动。此外,测量坐标系可称为以基准构件FM为基准的坐标系,也可称为以载台141为基准的坐标系。

[0318] 在形成测量坐标系之后,测量控制装置24算出测量坐标系中的测量点MP#1至测量点#J的位置。在本实施方式中,在第一移动误差算出动作中,作为一例,测量控制装置24可使用多边测量的原理,算出测量点MP#1至测量点#J的位置。以下,参照图17,对使用多边测量的原理算出测量点MP#1至测量点#J的位置的动作进行说明。

[0319] 图17示意性地示出三个测量点MP(具体而言,为测量点MP#1、测量点MP#2及测量点MP#3)与四个基准构件FM(具体而言,为基准构件FM#1、基准构件FM#2、基准构件FM#3及基准构件FM#4)的位置关系。在所述情况下,通过多边测量应算出的未知参数为:测量点MP#1的位置(X_{p1}, Y_{p1}, Z_{p1})、测量点MP#2的位置(X_{p2}, Y_{p2}, Z_{p2})、测量点MP#3的位置(X_{p3}, Y_{p3}, Z_{p3})、基准构件FM#1的位置(X_{t1}, Y_{t1}, Z_{t1})、基准构件FM#3的位置(X_{t2}, Y_{t2}, Z_{t2})、基准构件FM#3的位置(X_{t3}, Y_{t3}, Z_{t3})、基准构件FM#4的位置(X_{t4}, Y_{t4}, Z_{t4})、测量点MP#1与基准构件FM#1之间的距离 d_1 、测量点MP#1与基准构件FM#2之间的距离 d_2 、测量点MP#1与基准构件FM#3之间的距离 d_3 、及测量点MP#1与基准构件FM#4之间的距离 d_4 。在所述情况下,测量控制装置24使用多边测量的原理,算出合计25个未知参数。

[0320] 此外,测量点MP#2与基准构件FM#1之间的距离能够通过如下方式算出:对于作为未知参数的测量点MP#1与基准构件FM#1之间的距离 d_1 ,加上或减去根据所述返回光RL的受光结果算出的位于测量点MP#1的测量头22与基准构件FM#1之间的距离、和根据所述返回光RL的受光结果算出的位于测量点MP#2的测量头22与基准构件FM#1之间的距离的差值。因此,测量控制装置24也可不将测量点MP#2与基准构件FM#1之间的距离用作未知参数。出于同样的理由,测量控制装置24也可不将测量点MP#2及测量点MP#3的各个与基准构件FM#1至基准构件FM#4的各个之间的距离用作未知参数。

[0321] 但是,在测量控制装置24能够基于所述返回光RL的受光结果,算出测量头22的基准点FP与基准构件FM之间的距离(即,测量点MP与基准构件FM之间的距离)作为测量头22与基准构件FM之间的距离的情况下,测量控制装置24也可不将所述距离 d_1 至距离 d_4 用作未知参数。以下,为了便于说明,对所述距离 d_1 至距离 d_4 为未知参数的例子进行说明。

[0322] 为了算出所述未知参数,作为一例,测量控制装置24可解出数式1所示的最小化问题。数式1所示的最小化问题是使用多边测量的原理的最小化问题。数式1中的变量 i 是用于识别四个基准构件FM#1至FM#4的变量。数式1中的“ d_{ij} ”表示第一距离与第二距离的差值,所述第一距离是根据返回光RL的受光结果算出的位于测量点MP# i 的测量头22与基准构件# i 之间的距离,所述第二距离是根据返回光RL的受光结果算出的位于测量点MP# j 的测量头22与基准构件# i 之间的距离。即,数式1中的“ d_{ij} ”表示测量点MP# j 与基准构件# i 之间的第二距离相对于测量点MP# i 与基准构件# i 之间的第一距离的实际变化量。数式1中的“ $f_{ij}(x)$ ”示于

数式2中。数式2中的 $||T_i - P_j||$ 表示根据返回光RL的受光结果算出的、测量点MP#j与基准构件#i之间的第二距离。因此,数式2所示的“ $f_{ji}(x)$ ”表示测量点MP#j与基准构件#i之间的第二距离相对于测量点MP#i与基准构件#i之间的第一距离的理想(换句话说,理论上的)变化量。解出数式1所示的最小化问题的运算是算出满足如下条件、即测量点MP#j与基准构件#i之间的第二距离相对于测量点MP#i与基准构件#i之间的第一距离的实际变化量、及测量点MP#j与基准构件#i之间的第二距离相对于测量点MP#i与基准构件#i之间的第一距离的理想变化量成为最小的条件的所述未知参数的运算。

[0323] [数1]

$$[0324] \min_x \sum_{i=1,2,3,4, j=1,2,3} (f_{ij}(x) - d_{ij})^2$$

[0325] [数2]

$$[0326] f_{ij}(x) = ||T_i - P_j|| - d_i$$

[0327] 此处,在图17所示的例子中,由于使用了三个测量点MP#1至MP#3与四个基准构件FM#1至FM#4,因此可使用数式2所示的函数“ $f_{ij}(x)$ ”来生成包含 $3 \times 4 = 12$ 个方程式的联立方程式。另一方面,由于未知参数的数量有25个,因此方程式的数量欠缺13个(=25-12)。在所述情况下,每当新追加一个测量点MP时,会增加相当于测量点MP的位置的三个未知参数,但可使用数式2所示的“ $f_{ji}(x)$ ”新生成四个方程式。因此,测量控制装置24也可对测量点MP的数量(即,所述变量J)进行设定,以生成包含与未知参数的数量相同或比其多的数量的方程式的联立方程式。即,测量控制装置24也可对在所述图12的步骤S108中使加工头11及载台141中的至少一者移动的次数(即,所述变量J)进行设定,以生成包含与未知参数的数量相同或比其多的数量的方程式的联立方程式。

[0328] 或者,如上所述,在如图15所示的那样形成(定义)测量坐标系的情况下,未知参数的数量减少。具体而言,在如图15所示的那样形成(定义)测量坐标系的情况下,测量点MP#1的X位置(X_{p1})、测量点MP#1的Y位置(Y_{p1})、测量点MP#1的Z位置(Z_{p1})、测量点MP#2的Y位置(Y_{p2})、测量点MP#2的Z位置(Z_{p2})及测量点MP#3的Z位置(Z_{p3})不为未知参数。因此,未知参数的数量从25个减少到19个。因此,解出数式1所示的最小化问题所需的方程式的数量减少。

[0329] 为了解出所述最小化问题,测量控制装置24基于位于测量点MP#j的测量头22对来自基准构件FM#i的返回光RL的受光结果,算出位于测量点MP#j的测量头22与基准构件FM#i之间的距离。测量控制装置24在测量点MP#j与基准构件FM#i的所有组合模式下进行算出位于测量点MP#j的测量头22与基准构件FM#i之间的距离的动作。然后,测量控制装置24使用所算出的距离,解出数式1所示的最小化问题。其结果,如图18所示,测量控制装置24可算出测量坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。

[0330] 此外,虽未图示,但测量控制装置24通过解出所述最小化问题,也可算出测量坐标系中的基准构件FM的位置。即,测量控制装置24通过解出所述最小化问题,也可算出测量坐标系中的至少四个基准构件FM的位置。

[0331] 图18所示的测量点MP#1至测量点MP#J的位置也可视为在加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴移动的空间内的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。即,图18所示的测量点MP#1至测量点MP#J的位置也可视为在加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴平移移动到互不相同的多个位置的空间内的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。

[0332] 然后,测量控制装置24将测量坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置分别转换为机械坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。具体而言,由于测量控制装置24在机械坐标系内形成了测量坐标系,因此测量控制装置24可生成用于将机械坐标系及测量坐标系中的任意一者的位置转换为机械坐标系及测量坐标系中的任意另一者的位置的坐标转换矩阵。测量控制装置24也可使用所述坐标转换矩阵,将测量坐标系中的测量点MP#j的位置转换为机械坐标系中的测量点MP#j的位置。测量控制装置24也可通过对所有测量点MP#1至测量点MP#J反复进行所述转换动作,将测量坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置分别转换为机械坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。

[0333] 或者,在如图15所示将测量点MP#1用作测量坐标系的原点,且测量坐标系的X轴、Y轴及Z轴分别对应于机械坐标系的X轴、Y轴及Z轴的情况下,测量控制装置24也可通过将表示测量坐标系中的测量点MP#j的位置的坐标值与表示机械坐标系中的测量点MP#1的位置的坐标值相加,将测量坐标系中的测量点MP#j的位置转换为机械坐标系中的测量点MP#j的位置。机械坐标系中的测量点MP#1的位置(特别是分别沿着X轴及Z轴的位置)也可在基于用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到初始头位置的头驱动控制信号而使加工头11移动之后,根据对加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13的测量结果来算出。或者,作为机械坐标系中的测量点MP#1的位置(特别是分别沿着X轴及Z轴的位置),也可使用初始头位置,所述初始头位置用于生成用于对头驱动系统12进行控制以使加工头11移动到初始头位置的头驱动控制信号。进而,机械坐标系中的测量点MP#1的位置(特别是沿着Y轴的位置)也可在基于用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到初始载台位置的载台驱动控制信号而使载台141移动之后,根据对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果来算出。或者,作为机械坐标系中的测量点MP#1的位置(特别是沿着Y轴的位置),也可使用初始载台位置,所述初始载台位置用于生成用于对载台驱动系统142进行控制以使载台141移动到初始载台位置的载台驱动控制信号。

[0334] 其结果,如图19所示,测量控制装置24可算出机械坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。图19所示的测量点MP#1至测量点MP#J的位置可分别视为在加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴移动的空间内的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。即,图19所示的测量点MP#1至测量点MP#J的位置也可分别视为在加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴平移到互不相同的多个位置的空间内的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。特别是,图19所示的测量点MP#1至测量点MP#J的位置可分别视为在加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴移动的空间内的测量点MP#1至测量点MP#J的实际位置。即,图19所示的测量点MP#1至测量点MP#J的位置可分别视为在加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴平移到互不相同的多个位置的空间内的测量点MP#1至测量点MP#J的实际位置。

[0335] 此外,在所述说明中,测量控制装置24在算出测量坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置之后,算出机械坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。然而,测量控制装置24也可在不算出测量坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置的情况下,算出机械坐标系中的测量点MP#1至测量点MP#J的位置。例如,在载台141不沿着平移轴移动的情况下,在步骤S101或步骤S108中加工头11及载台141中的至少一者第j次移动之后的机械坐标系中的测量头22的基准点FP的位置能够直接用作机械坐标系中的测量点MP#j的位置。

[0336] 再回到图12中,然后,测量控制装置24基于在步骤S110中算出的机械坐标系中的

测量点MP#j的实际位置,算出加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差(步骤S111)。

[0337] 具体而言,加工头11的平移移动中产生的移动误差相当于加工头11的实际位置与加工头11的目标位置的差值。同样地,载台141的平移移动中产生的移动误差相当于载台141的实际位置与载台141的目标位置的差值。此处,如上所述,在本实施方式中,使用加工头11能够分别沿着平移轴(X)及平移轴(Z)平移移动,且载台141沿着平移轴(Y)平移移动的例子开展说明。因此,以下,具体说明算出在加工头11分别沿着平移轴(X)及平移轴(Z)平移移动且载台142沿着平移轴(Y)平移移动时产生的移动误差的动作。但是,如之后详细叙述的那样,即使在加工头11沿着平移轴(Y)进行平移移动的情况下,测量控制装置24也可通过进行与以下说明的动作同样的动作,来算出在加工头11沿着平移轴(Y)进行平移移动时产生的移动误差。同样地,即使在载台141沿着平移轴(X)及平移轴(Z)中的至少一个进行平移移动的情况下,测量控制装置24也可通过进行与以下说明的动作同样的动作,来算出在载台141沿着平移轴(X)及平移轴(Z)中的至少一个进行平移移动时产生的移动误差。

[0338] 此处,图19所示的测量点MP#j的X位置表示测量头22位于测量点MP#j的状况下的测量头22的实际X位置。图19所示的测量点MP#j的Y位置表示测量头22位于测量点MP#j的状况下的载台141的实际Y位置。图19所示的测量点MP#j的X位置表示测量头22位于测量点MP#j的状况下的测量头22的实际Z位置。

[0339] 进而,由于测量头22组装在加工头11上,因此图19所示的测量点MP#j的X位置实质上可视为表示测量头22位于测量点MP#j的状况下的加工头11的实际X位置 $x_actual\#j$ 。具体而言,作为加工头11的位置,通常使用工具前 endpoint (工具中心点(TCP:Tool Center Point))。测量头22也可以测量头22的基准点FP位于工具前 endpoint 的方式组装在加工头11上。在所述情况下,图19所示的测量点MP#j的X位置表示在测量头22位于测量点MP#j的状况下的加工头11的实际X位置 $x_actual\#j$ 其本身。同样地,图19所示的测量点MP#j的Z位置表示在测量头22位于测量点MP#j的状况下的加工头11的实际Z位置 $z_actual\#j$ 其本身。另一方面,在测量头22的基准点FP相对于工具前 endpoint 沿着机械坐标系的X轴方向离开规定的X位移量的情况下,将通过对图19所示的测量点MP#j的X位置加上规定的X位移量而得的位置用作在测量头22位于测量点MP#j的状况下的加工头11的实际X位置 $x_actual\#j$ 。同样地,在测量头22的基准点FP相对于工具前 endpoint 沿着机械坐标系的Z轴方向离开规定的Z位移量的情况下,将通过对图19所示的测量点MP#j的Z位置加上规定的Z位移量而得的位置用作在测量头22位于测量点MP#j的状况下的加工头11的实际Z位置 $z_actual\#j$ 。

[0340] 如此,测量控制装置24可根据在步骤S110中算出的测量点MP#j的位置,算出在测量头22位于测量点MP#j的状况下的加工头11及载台141各自的位置。在所述情况下,作为加工头11的平移移动中产生的移动误差,测量控制装置24可算出根据测量点MP#j算出的加工头11的实际X位置 $x_actual\#j$ 、与在测量头22位于测量点MP#j的状况下加工头11原本应所处的指令上的X位置 $x_command\#j$ 的差值,作为移动误差 $\Delta x\#j$ 。作为载台141的平移移动中产生的移动误差,测量控制装置24也可算出根据测量点MP#j算出的载台141的实际Y位置 $y_actual\#j$ 、与在测量头22位于测量点MP#j的状况下载台141原本应所处的指令上的Y位置 $y_command\#j$ 的差值,作为移动误差 $\Delta y\#j$ 。作为加工头11的平移移动中产生的移动误差,测量控制装置24也可算出根据测量点MP#j算出的加工头11的实际Z位置 $z_actual\#j$ 、与在测量

头22位于测量点MP#j的状况下加工头11原本应所处的指令上的Z位置 $z_command\#j$ 的差值,作为移动误差 $\Delta z\#j$ 。

[0341] 此外,加工头11的移动误差也可简称为加工头11的实际位置与加工头11的指令上的位置的差值。即,加工头11的移动误差也可简称为加工头11实际所处的点与加工头11原本应所处的点之间的坐标值的差值。同样地,载台141的移动误差也可简称为载台141的实际位置与载台141的指令上的位置的差值。即,载台141的移动误差也可简称为载台141实际所处的点与载台141原本应所处的点之间的坐标值的差值。

[0342] 作为指令上的X位置 $x_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$,也可使用在生成用于对头驱动系统12进行控制的头驱动控制信号时使用的加工头11的目标位置。作为指令上的X位置 $x_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$,也可使用对加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13的测量结果。作为指令上的X位置 $x_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$,也可使用根据在生成用于对头驱动系统12进行控制的头驱动控制信号时能够利用的加工头11的目标移动量算出的目标位置。此外,指令上的X位置 $x_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$ 也可视为与加工头11的移动相关的指令值。

[0343] 作为指令上的Y位置 $y_command\#j$,也可使用在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时使用的载台141的目标位置。作为指令上的Y位置 $y_command\#j$,也可使用对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果。作为指令上的Y位置 $y_command\#j$,也可使用根据在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时能够利用的载台141的目标移动量算出的目标位置。此外,指令上的Y位置 $y_command\#j$ 也可视为与载台141的移动相关的指令值。

[0344] 其结果,测量控制装置24可算出沿着平移轴(X)的移动误差 $\Delta x\#j$ 、沿着平移轴(Y)的移动误差 $\Delta y\#j$ 、以及沿着平移轴(Z)的移动误差 $\Delta z\#j$,作为使加工头11及载台141以加工头11位于指令上的X位置 $x_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$ 且载台141位于指令上的Y位置 $y_command\#j$ 的方式移动时产生的移动误差。即,测量控制装置24可生成与包含移动误差 $\Delta x\#j$ 、移动误差 $\Delta y\#j$ 及移动误差 $\Delta z\#j$ 的移动误差相关的信息。

[0345] 此外,在并非加工头11而是载台141能够沿着平移轴(X)移动的情况下,作为载台141的移动误差,测量控制装置24也可算出根据测量点MP#j算出的载台141的实际X位置 $x_actual\#j$ 、与测量头22位于测量点MP#j的状况下载台141原本应所处的指令上的X位置 $x_command\#j$ 的差值作为移动误差 $\Delta x\#j$ 。在所述情况下,作为指令上的X位置 $x_command\#j$,也可使用在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时使用的载台141的目标位置。作为指令上的X位置 $x_command\#j$,也可使用对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果。作为指令上的X位置 $x_command\#j$,也可使用根据在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时能够利用的载台141的目标移动量算出的目标位置。此外,指令上的X位置 $x_command\#j$ 也可视为与载台141的移动相关的指令值。

[0346] 另外,在并非载台141而是加工头11能够沿着平移轴(Y)移动的情况下,作为加工头11的移动误差,测量控制装置24也可算出根据测量点MP#j算出的加工头11的实际Y位置 $y_actual\#j$ 、与测量头22位于测量点MP#j的状况下加工头11原本应所处的指令上的Y位置 $y_command\#j$ 的差值,作为移动误差 $\Delta y\#j$ 。在所述情况下,作为指令上的Y位置 $y_command\#j$,也可使用在生成用于对头驱动系统12进行控制的头驱动控制信号时使用的加工头11的

目标位置。作为指令上的Y位置 $y_command\#j$,也可使用对加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13的测量结果。作为指令上的Y位置 $y_command\#j$,也可使用根据在生成用于对头驱动系统12进行控制的头驱动控制信号时能够利用的加工头11的目标移动量算出的目标位置。此外,指令上的Y位置 $y_command\#j$ 也可视为与加工头11的移动相关的指令值

[0347] 另外,在并非加工头11而是载台141能够沿着平移轴(Z)移动的情况下,作为载台141的移动误差,测量控制装置24也可算出根据测量点MP#j算出的载台141的实际Z位置 $z_actual\#j$ 、与在测量头22位于测量点MP#j的状况下载台141原本应所处的指令上的Z位置 $z_command\#j$ 的差值,作为移动误差 $\Delta z\#j$ 。在所述情况下,作为指令上的Z位置 $z_command\#j$,也可使用在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时使用的载台141的目标位置。作为指令上的Z位置 $z_command\#j$,也可使用对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果。作为指令上的Z位置 $z_command\#j$,也可使用根据在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时能够利用的载台141的目标移动量算出的目标位置。此外,指令上的Z位置 $z_command\#j$ 也可视为与载台141的移动相关的指令值。

[0348] 测量控制装置24也可以与测量点MP的数量对应的次数反复进行所述动作。其结果,测量控制装置24可算出机械坐标系的各位置处的移动误差。换句话说,测量控制装置24可算出加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴移动的空间内的各位置处的移动误差。测量控制装置24可算出加工头11及载台141中的至少一者沿着平移轴平移到互不相同的多个位置的空间内的各位置处的移动误差。即,测量控制装置24可算出机械坐标系的第一位置($x_command\#1, y_command\#1, z_command\#1$)处产生的移动误差($\Delta x\#1, \Delta y\#1, \Delta z\#1$)、机械坐标系的第二位置($x_command\#2, y_command\#2, z_command\#2$)处产生的移动误差($\Delta x\#2, \Delta y\#2, \Delta z\#2$)、...以及机械坐标系的第J位置($x_command\#J, y_command\#J, z_command\#J$)处产生的移动误差($\Delta x\#J, \Delta y\#J, \Delta z\#J$)。测量控制装置24可算出加工头11及载台141中的至少一者以位于机械坐标系的第一位置($x_command\#1, y_command\#1, z_command\#1$)的方式移动时产生的移动误差($\Delta x\#1, \Delta y\#1, \Delta z\#1$)、加工头11及载台141中的至少一者以位于机械坐标系的第二位置($x_command\#2, y_command\#2, z_command\#2$)的方式移动时产生的移动误差($\Delta x\#2, \Delta y\#2, \Delta z\#2$)、...以及加工头11及载台141中的至少一者以位于机械坐标系的第J位置($x_command\#J, y_command\#J, z_command\#J$)的方式移动时产生的移动误差($\Delta x\#J, \Delta y\#J, \Delta z\#J$)。

[0349] 此外,测量控制装置24可在移动误差($\Delta x\#j, \Delta y\#j, \Delta z\#j$)的基础上或代替其而生成表示机械坐标系内的任意位置处产生的移动误差的函数作为与移动误差相关的信息。具体而言,测量控制装置24也可算出在被输入了表示机械坐标系内的任意位置的坐标信息的情况下输出所述位置处产生的移动误差的函数。在所述情况下,测量控制装置24可生成函数本身。测量控制装置24也可生成函数的参数(例如系数等)。

[0350] 测量控制装置24也可在移动误差($\Delta x\#j, \Delta y\#j, \Delta z\#j$)的基础上或代替其而生成表示基于使加工头11移动到机械坐标系内的期望位置的头驱动控制信号而使加工头11移动时的加工头11的实际位置(即, $x_actual\#j, z_actual\#j$)的函数,作为与移动误差相关的信息。测量控制装置24也可在移动误差($\Delta x\#j, \Delta y\#j, \Delta z\#j$)的基础上或代替其而生成表示基于使载台141移动到机械坐标系内的期望位置的载台驱动控制信号而使载台141移动时的载台141的实际位置(即, $y_actual\#j$)的函数,作为与移动误差相关的信息。在所述情

况下,测量控制装置24可生成函数本身。测量控制装置24也可生成函数的参数(例如系数等)。

[0351] 在生成与移动误差相关的信息之后,测量控制装置24可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正移动误差的误差修正信息。

[0352] 例如,测量控制装置24可生成用于修正所述指令上的X位置 $x_command\#j$ 、指令上的Y位置 $y_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$ 的修正值 $C\#j$ 作为误差修正信息。具体而言,在基于使加工头11移动到机械坐标系内的期望位置的头驱动控制信号而使加工头11移动的情况下,加工头11实际上位于通过对指令上的X位置 $x_command\#j$ 加上移动误差 $\Delta x\#j$ 而得的位置而非指令上的X位置 $x_command\#j$ 。因此,设想若将通过从指令上的X位置 $x_command\#j$ 减去移动误差 $\Delta x\#j$ 而得的位置用作新的指令上的X位置 $x_command\#j$,则加工头11位于指令上的X位置 $x_command\#j$ 。因此,测量控制装置24也可将移动误差 $\Delta x\#j$ 设定为用于修正指令上的X位置 $x_command\#j$ 的修正值 $Cx\#j$ 。出于同样的理由,测量控制装置24也可将移动误差 $\Delta y\#j$ 设定为用于修正指令上的Y位置 $y_command\#j$ 的修正值 $Cy\#j$ 。测量控制装置24也可将移动误差 $\Delta z\#j$ 设定为用于修正指令上的Z位置 $z_command\#j$ 的修正值 $Cz\#j$ 。即,测量控制装置24也可生成包含机械坐标系内的任意位置($x_command\#j, y_command\#j, z_command\#j$)与所述位置处的修正值($Cx\#j, Cy\#j, Cz\#j$)的多个信息组的误差修正信息。

[0353] 例如,测量控制装置24也可生成表示机械坐标系内的任意位置处的修正值 $C\#j$ 的函数作为误差修正信息。例如,测量控制装置24可生成如下函数、即在被输入了指令上的X位置 $x_command\#j$ 、指令上的Y位置 $y_command\#j$ 及指令上的Z位置 $z_command\#j$ 中的至少一个的情况下,输出修正值 $Cx\#j$ 、修正值 $Cy\#j$ 及修正值 $Cz\#j$ 中的至少一个的函数。作为此种函数的一例,可列举以幂表示修正值 $Cx\#j$ 、修正值 $Cy\#j$ 及修正值 $Cz\#j$ 中的至少一个的函数。作为以幂表示修正值 $Cx\#j$ 、修正值 $Cy\#j$ 及修正值 $Cz\#j$ 中的至少一个的函数的一例,可列举函数“ $Cx\#j = ax \times X + bx \times X^2 + \dots$ ”。此外,所述函数中的“X”表示指令上的X位置 $x_command\#j$,” ax ”及“ bx ”表示系数。在所述情况下,测量控制装置24可生成函数本身。测量控制装置24也可生成函数的参数(例如系数 ax 及系数 bx 等)。

[0354] 测量控制装置24也可将误差修正信息作为用于对机床1进行控制的信息而输出到机床1(特别是加工控制装置16)。在所述情况下,加工控制装置16可基于误差修正信息对加工头11及载台141中的至少一者的平移移动进行控制。具体而言,加工控制装置16也可基于误差修正信息,修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,并使用修正后的指令上的位置,生成用于使加工头11及载台141中的至少一者平移移动的驱动控制信号。其结果,机床1可使加工头11平移移动,使得加工头11即使在加工头11的平移移动中产生了移动误差的情况下也与加工头11的平移移动中未产生移动误差的情况同样地位于修正前原本的指令上的位置。即,机床1可精度良好地使加工头11平移移动。同样地,机床1可使载台141平移移动,使得载台141即使在载台141的平移移动中产生了移动误差的情况下也与载台141的平移移动中未产生移动误差的情况同样地位于修正前原本的指令上的位置。即,机床1可精度良好地使载台141平移移动。其结果,机床1可精度良好地对工件W进行加工。

[0355] 加工控制装置16也可代替基于误差修正信息对加工头11的平移移动进行控制,而基于误差修正信息来修正对加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13的测量结果。具体而言,加工控制装置16通常基于头驱动控制信号对头驱动系统12进行控制,以使头位置

测量装置13所测量的加工头11的位置成为指令上的位置。即,加工控制装置16通常使加工头11移动,直到头位置测量装置13所测量的加工头11的位置成为指令上的位置。因此,在产生了加工头11的移动误差的情况下,作为加工头11的位置的测量结果,头位置测量装置13输出的是未反映移动误差的加工头11的指令上的位置,而非反映了移动误差的加工头11的实际位置。在所述情况下,加工控制装置16也可基于误差修正信息来修正头位置测量装置13所测量的加工头11的位置,使得头位置测量装置13的测量结果表示反映了移动误差的加工头11的实际位置。其结果,加工控制装置16可使加工头11平移移动,直到修正后的加工头11的位置成为指令上的位置。

[0356] 此外,头位置测量装置13可在对加工头11的位置进行检测的基础上或代替其而对加工头11的移动量进行检测。在所述情况下,加工控制装置16也可基于误差修正信息,修正对加工头11的移动量进行测量的头位置测量装置13的测量结果。即,加工控制装置16也可基于误差修正信息,修正头位置测量装置13所测量的加工头11的移动量。

[0357] 加工控制装置16也可代替基于误差修正信息对载台141的平移移动进行控制,而基于误差修正信息来修正对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果。具体而言,加工控制装置16通常基于载台驱动控制信号对载台驱动系统142进行控制,以使位置测量装置143所测量的载台141的位置成为指令上的位置。即,加工控制装置16通常使载台141移动,直到位置测量装置143所测量的载台141的位置成为指令上的位置。因此,在产生了载台141的移动误差的情况下,作为载台141的位置的测量结果,位置测量装置143输出的是未反映移动误差的载台141的指令上的位置而非反映了移动误差的载台141的实际位置。在所述情况下,加工控制装置16也可基于误差修正信息来修正位置测量装置143所测量的载台141的位置,使得位置测量装置143的测量结果表示反映了移动误差的载台141的实际位置。其结果,加工控制装置16可使载台141平移移动,直到修正后的载台141的位置成为指令上的位置。

[0358] 此外,载台位置测量装置143可在对载台141的位置进行检测的基础上或代替其而对载台141的移动量进行检测。在所述情况下,加工控制装置16也可基于误差修正信息,修正对载台141的移动量进行测量的载台位置测量装置143的测量结果。即,加工控制装置16也可基于误差修正信息,修正载台位置测量装置143所测量的载台141的移动量。

[0359] 测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,作为用于对机床1进行控制的信息,所述加工路线表示机床1对工件W的加工路径。加工路线例如也可表示工具前端点的移动路径。加工路线例如也可表示工具前端点相对于工件W的移动路径。加工路线例如也可表示机床1对工件W进行加工的加工位置的移动路径。加工路线例如也可表示机床1对工件W进行加工的加工位置相对于工件W的移动路径。此种加工路线通常基于加工前的工件W的三维形状与加工后的工件W的目标三维形状而生成。加工路线修正信息也可为用于修正基于加工前的工件W的三维形状与加工后的工件W的目标三维形状而生成的加工路线的信息。在所述情况下,测量控制装置24也可生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,使得即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,也以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。机床1的加工控制装置16也可基于加工路线修正信息来修正加工路线。或者,测量控制装置24也可对加工路线进行修正,并将修

正后的加工路线作为用于对机床1进行控制的信息而输出到加工控制装置16。其结果,即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。

[0360] 测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,例如生成用于修正如下测量路线的测量路线修正信息:所述测量路线表示测量系统2对工件W的三维形状进行测量时的测量系统2对工件W的测量路径。测量路线也可与所述加工路线同样地表示工具前端点的移动路径。测量路线也可与所述加工路线同样地表示工具前端点相对于工件W的移动路径。测量路线例如也可表示测量系统2对工件W进行测量的测量位置的移动路径。测量路线例如也可表示测量头22的基准点FP的移动路径。测量路线例如也可表示测量头22的枢轴点PV的移动路径。测量路线例如也可表示测量系统2对工件W进行测量的测量位置相对于工件W的移动路径。测量位置也可指测量光ML在工件W的表面上的照射位置。此种测量路线通常基于工件W的三维形状而生成。测量路线修正信息也可为用于修正基于工件W的三维形状而生成的测量路线的信息。在所述情况下,测量控制装置24可生成用于修正测量路线的测量路线修正信息,使得即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,也以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行测量。机床1的加工控制装置16也可基于测量路线修正信息来修正测量路线。或者,测量控制装置24也可对测量路线进行修正,并将修正后的测量路线作为用于对机床1进行控制的信息而输出到加工控制装置16。其结果,即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式使加工头11及载台141中的至少一者平移移动。其结果,即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,测量系统2也可以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行测量。此外,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,例如生成用于修正如下测量路线的测量路线修正信息:所述测量路线表示测量系统2对后述的工件W的位置、姿势、尺寸中的至少一个进行测量时的测量系统2对工件W的测量路径。进而,加工控制装置16也可基于所生成的测量路线修正信息来修正测量路线。

[0361] 测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正驱动控制信号的驱动修正信息作为用于对机床1进行控制的信息,所述驱动控制信号由加工控制装置16生成,以对加工头11及载台141中的至少一者的平移移动进行控制。即,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正驱动控制信号的驱动修正信息作为用于对机床1进行控制的信息,所述驱动控制信号由加工控制装置16生成,以对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。在所述情况下,测量控制装置24可生成用于修正加工控制装置16所生成的驱动控制信号的驱动修正信息,使得即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,也以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。机床1的加工控制装置16也可基于驱动修正信息来修正驱动控制信号。其结果,即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。

[0362] 测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息来修正加工控制装置16所生成的驱动控制信号。例如,测量控制装置24也可从加工控制装置16获取加工控制装置16所生成的驱动控制信号,并修正所获取的驱动控制信号。在所述情况下,测量控制装置24可修正加工控制装置16所生成的驱动控制信号,使得即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,也以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。测量控制装置24也可将修正后的驱动控制信号作为用于对机床1进行控制的信息而输出到加工控制装置16。因此,修正驱动控制信号的动作也可视为与生成用于对机床1进行控制的信息的动作等效。机床1的加工控制装置16也可基于测量控制装置24修正后的驱动控制信号(修正驱动信号),对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。其结果,即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。此外,在所述情况下,测量控制装置24也可代替加工控制装置16,而基于修正后的驱动控制信号(修正驱动信号)对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。

[0363] 测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息来生成驱动控制信号。在所述情况下,测量控制装置24可生成驱动控制信号,使得即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,也以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。测量控制装置24也可将所生成的驱动控制信号作为用于对机床1进行控制的信息而输出到加工控制装置16。因此,生成驱动控制信号的动作也可视为与生成用于对机床1进行控制的信息的动作等效。机床1的加工控制装置16也可基于测量控制装置24所生成的驱动控制信号,对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。其结果,即使在加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可以与加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中未产生移动误差的情况相同的方式对工件W进行加工。此外,在所述情况下,测量控制装置24也可代替加工控制装置16,而基于所生成的驱动控制信号,对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。

[0364] (2-2-2) 用于算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差的第二移动误差算出动作的具体流程

[0365] 继而,对用于算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差的第二移动误差算出动作进行说明。此外,在以下的说明中,主要说明第二移动误差算出动作中与所述第一移动误差算出动作不同的部分。因此,为了省略重复说明,省略第二移动误差算出动作中与所述第一移动误差算出动作相同的部分的说明。即,在以下的说明中,在无特别说明的情况下,也可进行与第一移动误差算出动作相同的动作。

[0366] 在算出加工头11的旋转移动中产生的移动误差的情况下,每当加工头11进行旋转移动并停止时,测量头22可通过使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。即,每当加工头11旋转移动到互不相同的多个位置时,测量头22可对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射利用检流计镜2228变更了行进方向的测量光ML。其结果,每当加工头11进行旋转移动并停止时,测量头22接收来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL。测量控制装

置24可基于每当加工头11旋转移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出加工头11的旋转移移动中产生的移动误差。特别是,测量控制装置24可基于每当加工头11旋转移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出加工头11旋转移移动到互不相同的多个位置的空间中的加工头11的旋转移移动中产生的移动误差。

[0367] d此外,在加工头11旋转移移动的过程中(在加工头11未停止的状态下),测量头22也可通过依次使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。在所述情况下,测量控制装置24也可基于每当加工头11旋转移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出加工头11旋转移移动到互不相同的多个位置的空间中的加工头11的旋转移移动中产生的移动误差。

[0368] 在算出载台141的旋转移移动中产生的移动误差的情况下,每当载台141进行旋转移移动并停止时,测量头22也可通过使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。即,每当载台141旋转移移动到互不相同的多个位置时,测量头22可对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射利用检流计镜2228变更了行进方向的测量光ML。其结果,每当载台141进行旋转移移动并停止时,测量头22接收来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL。测量控制装置24可基于每当载台141旋转移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出载台141的旋转移移动中产生的移动误差。特别是,测量控制装置24可基于每当载台141旋转移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出载台141旋转移移动到互不相同的多个位置的空间中的载台141的旋转移移动中产生的移动误差。

[0369] 此外,载台141旋转移移动的过程中(即,载台141未停止的状态下),测量头22也可通过依次使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对测量头22的测量范围中所含的至少N个基准构件FM的各个照射测量光ML。在所述情况下,测量控制装置24也可基于每当载台141旋转移移动到互不相同的多个位置时由测量头22接收的、来自至少N个基准构件FM的各个的返回光RL的受光结果,算出载台141旋转移移动到互不相同的多个位置的空间中的载台141的旋转移移动中产生的移动误差。

[0370] 在算出旋转移移动中产生的移动误差的情况下,在载台141上载置工件W。例如,在算出旋转移移动中产生的移动误差的情况下,可在载台141上载置配置有基准构件FM的工件W。例如,在算出旋转移移动中产生的移动误差的情况下,也可在载台141上载置未配置基准构件FM的工件W。但是,在算出旋转移移动中产生的移动误差的情况下,也可不在载台141上载置工件W。以下,为了便于说明,对在将配置有基准构件FM的工件W载置在载台141上的情况下进行的第一移动误差算出动作进行说明。但是,即使在将未配置基准构件FM的工件W载置在载台141上的情况或未将工件W载置在载台141上的情况下,加工系统SYS也可通过进行以下所示的第一移动误差算出动作来算出旋转移移动中产生的移动误差。

[0371] 以下,参照图21,对用于算出加工头11(测量头22)及载台141中的至少一者的旋转移移动中产生的移动误差的第二移动误差算出动作的流程进行说明。图21是表示用于算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移移动中产生的移动误差的第二移动误差算出动作的

流程的流程图。

[0372] 此外,如上所述,在本实施方式中,载台141进行旋转移动,且另一方面加工头11不进行旋转移动。因此,以下的说明可以说主要是用于算出载台141的旋转移动中产生的移动误差的动作。但是,即使在加工头11进行旋转移动的情况下,通过进行以下的动作,也能够算出加工头11的旋转移动中产生的移动误差。其原因在于,加工头11的旋转移动及载台141的旋转移动均可视为载台141相对于加工头11的相对旋转移动。即,通过将加工头11的旋转移动视为载台141相对于加工头11的相对旋转移动,测量系统2能够通过以下的动作算出加工头11的旋转移动中产生的移动误差。

[0373] 如图21所示,首先,测量控制装置24使加工头11及载台141中的至少一者在机械坐标系内移动到初始位置之后在初始位置停止(步骤S201)。即,测量控制装置24对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制,以使加工头11及载台141中的至少一者在机械坐标系内移动到初始位置(步骤S201)。此外,步骤S201的动作也可与所述图12的步骤S101的动作相同。因此,省略步骤S201的动作的详细说明。

[0374] 但是,在步骤S201中,测量控制装置24基于在所述第一移动误差算出动作中生成的误差修正信息(即,用于修正加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的信息),修正(即,抵消)加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差。即,测量控制装置24基于在所述第一移动误差算出动作中生成的误差修正信息,使加工头11及载台141中的至少一者平移移动。因此,在本实施方式中,加工系统SYS优选为在进行了所述第一移动误差算出动作之后进行第二移动误差算出动作。在所述情况下,即使在加工头11的平移移动中产生了移动误差的情况下,加工头11也可移动到初始位置并停止。即,机械坐标系中的加工头11的实际位置与机械坐标系中的初始头位置一致。同样地,即使在载台141的平移移动中产生了移动误差的情况下,载台141也可移动到初始载台位置并停止。即,机械坐标系中的载台141的实际位置与机械坐标系中的初始载台位置一致。

[0375] 或者,在第二移动算出动作中,测量控制装置24也可不使用在第一移动误差算出动作中生成的误差修正信息来修正加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差。在所述情况下,测量控制装置24可使用根据在所述第一移动误差算出动作中算出的测量点MP#1至测量点MP#J中的任意一个而算出的位置作为初始位置。作为一例,测量控制装置24也可使用根据在所述第一移动误差算出动作中算出的测量点MP#m(此外,m是表示1以上且J以下的整数的变量)而算出的位置作为初始位置。具体而言,如上所述,测量控制装置24可根据测量点MP#m的位置,算出依照基于指令上的X位置 $x_command\#m$ 生成的头驱动控制信号而移动后的加工头11实际所处的X位置 $x_actual\#m$ 、依照基于指令上的Y位置 $y_command\#m$ 生成的载台驱动控制信号而移动后的载台141实际所处的Y位置 $y_actual\#m$ 、以及依照基于指令上的Z位置 $z_command\#m$ 生成的头驱动控制信号而移动后的加工头11的实际Z位置 $z_actual\#m$ 。在所述情况下,测量控制装置24可使用X位置 $x_actual\#m$ 及Z位置 $z_actual\#m$ 作为初始头位置,使用Y位置 $y_actual\#m$ 作为初始载台位置。在所述情况下,测量控制装置24可基于头驱动控制信号使加工头11移动到X位置 $x_actual\#m$ 及Z位置 $z_actual\#m$,基于载台驱动控制信号使载台141移动到Y位置 $y_actual\#m$,所述头驱动控制信号基于指令上的X位置 $x_command\#m$ 及指令上的Z位置 $z_command\#m$ 而生成,所述载台驱动控制信号基于指令上的Y位置 $y_command\#m$ 而生成。

[0376] 在任一情况下,在第二移动误差算出动作的步骤S201中,均基于与通过第一移动误差算出动作生成的移动误差相关的信息,对加工头11及载台141进行定位。在所述情况下,与在步骤S201中移动后的加工头11及载台141的实际位置相关的信息对于测量控制装置24而言为已知信息。就此方面而言,也可以说第二移动后算出动作与和在步骤S101中移动后的加工头11及载台141的实际位置相关的信息对于测量控制装置24而言为未知信息的第一移动误差算出动作不同。此外,测量控制装置24在通过第二移动误差算出动作使加工头11及载台141中的至少一者移动的情况下,也可不使用与通过第一移动误差算出动作生成的移动误差相关的信息。

[0377] 然后,测量控制装置24进行全局扫描(步骤S202)。此外,步骤S202的动作也可与所述图12的步骤S102的动作相同。因此,省略步骤S202的动作的详细说明。

[0378] 然后,测量控制装置24基于全局扫描的结果,算出至少N个局部扫描区LSA相对于测量头22的方向(步骤S203)。此外,步骤S203的动作也可与所述图12的步骤S103的动作相同。因此,省略步骤S203的动作的详细说明。

[0379] 此外,在本实施方式中,对在进行第二移动误差算出动作的情况下将变量N设定为3的例子进行说明。在所述情况下,多个基准构件FM可以在测量头22的测量范围内包含至少三个基准构件FM的方式配置在工件W及载台141上。测量控制装置24可算出在测量范围内(即,在全局扫描区GSA内)至少三个基准构件FM分别所处的至少三个局部扫描区LSA各自的方向。

[0380] 然后,测量控制装置24进行局部扫描(步骤S204)。此外,步骤S204的动作也可与所述图12的步骤S104的动作相同。因此,省略步骤S204的动作的详细说明。

[0381] 然后,测量控制装置24基于局部扫描的结果,算出至少三个基准构件FM相对于测量头22的方向(步骤S205)。此外,步骤S205的动作也可与所述图12的步骤S105的动作相同。因此,省略步骤S205的动作的详细说明。

[0382] 然后,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对至少三个基准构件FM照射测量光ML(步骤S206)。此外,步骤S206的动作也可与所述图12的步骤S106的动作相同。因此,省略步骤S206的动作的详细说明。

[0383] 然后,测量控制装置24判定是否使加工头11及载台141中的至少一者平移移动(步骤S207)。此外,步骤S207的动作也可与所述图12的步骤S107的动作相同。因此,省略步骤S207的动作的详细说明。

[0384] 在步骤S207中的判定结果例如判定为使加工头11及载台141中的至少一者平移移动的情况下(步骤S207:是),测量控制装置24使加工头11及载台141的至少一者在机械坐标系内平移移动(步骤S208)。具体而言,在步骤S207中的判定结果例如判定为使加工头11平移移动的情况下(步骤S207:是),测量控制装置24使加工头11在机械坐标系内平移移动(步骤S208)。在步骤S207中的判定结果例如判定为使载台141平移移动的情况下(步骤S207:是),测量控制装置24使载台141在机械坐标系内平移移动(步骤S208)。此外,步骤S208的动作也可与所述图12的步骤S108的动作相同。因此,省略步骤S208的动作的详细说明。

[0385] 但是,在步骤S208中,测量控制装置24基于在所述第一移动误差算出动作中生成的误差修正信息(即,用于修正加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差的信息),修正(即,抵消)加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动

误差。即,测量控制装置24基于在所述第一移动误差算出动作中生成的误差修正信息,使加工头11及载台141中的至少一者平移移动。在所述情况下,即使在加工头11的平移移动中产生了移动误差的情况下,加工头11也可移动到期望头位置并停止。即,机械坐标系中的加工头11的实际位置与机械坐标系中的期望头位置一致。同样地,即使在载台141的平移移动中产生了移动误差的情况下,载台141也可移动到期望载台位置并停止。即,机械坐标系中的载台141的实际位置与机械坐标系中的期望载台位置一致。

[0386] 或者,在第二移动算出动作中,测量控制装置24也可不使用误差修正信息来修正加工头11及载台141中的至少一者的平移移动中产生的移动误差。在所述情况下,测量控制装置24也可使用根据在所述第一移动误差算出动作中算出的测量点MP#1至测量点MP#J中的任意一个而算出的位置作为期望头位置及期望载台位置。作为一例,测量控制装置24可使用根据在所述第一移动误差算出动作中算出的测量点MP#n(此外,n是表示1以上且N以下的整数的变量)而算出的位置作为期望头位置及期望载台位置。具体而言,如上所述,测量控制装置24可根据测量点MP#n的位置,算出依照基于指令上的X位置 $x_command\#n$ 生成的头驱动控制信号而移动后的加工头11实际所处的X位置 $x_actual\#n$ 、依照基于指令上的Y位置 $y_command\#n$ 生成的载台驱动控制信号而移动后的载台141实际所处的Y位置 $y_actual\#n$ 、以及依照基于指令上的Z位置 $z_command\#n$ 生成的头驱动控制信号而移动后的加工头11的实际Z位置 $z_actual\#n$ 。在所述情况下,测量控制装置24可使用X位置 $x_actual\#n$ 及Z位置 $z_actual\#n$ 作为期望头位置,使用Y位置 $y_actual\#n$ 作为期望载台位置。在所述情况下,测量控制装置24可基于头驱动控制信号使加工头11移动到X位置 $x_actual\#n$ 及Z位置 $z_actual\#n$,基于载台驱动控制信号使载台141移动到Y位置 $y_actual\#n$,所述头驱动控制信号基于指令上的X位置 $x_command\#n$ 及指令上的Z位置 $z_command\#n$ 而生成,所述载台驱动控制信号基于指令上的Y位置 $y_command\#n$ 而生成。

[0387] 在任一情况下,在第二移动误差算出动作的步骤S208中,均基于与通过第一移动误差算出动作生成的移动误差相关的信息,对加工头11及载台141进行定位。在所述情况下,与在步骤S208中移动后的加工头11及载台141的实际位置相关的信息对于测量控制装置24而言为已知信息。就此方面而言,也可以说第二移动后算出动作与和在步骤S108中移动后的加工头11及载台141的实际位置相关的信息对于测量控制装置24而言为未知信息的第一移动误差算出动作不同。此外,测量控制装置24在通过第二移动误差算出动作使加工头11及载台141中的至少一者平移移动的情况下,也可不使用与通过第一移动误差算出动作生成的移动误差相关的信息。

[0388] 然后,测量控制装置24算出至少三个局部扫描区LSA相对于测量头22的方向(步骤S209)。此外,步骤S209的动作也可与所述图12的步骤S109的动作相同。因此,省略步骤S209的动作的详细说明。

[0389] 在步骤S209(或步骤S203)中算出至少三个局部扫描区LSA的方向之后,测量控制装置24进行局部扫描(步骤S204),并基于局部扫描的结果,算出至少三个基准构件FM相对于测量头22的方向(步骤S205)。然后,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对至少三个基准构件FM照射测量光ML(步骤S206)。

[0390] 然后,测量控制装置24判定是否使加工头11及载台141中的至少一者平移移动(步骤S207)。在本实施方式中,在通过步骤S208中的加工头11及载台141中的至少一者的平移

移动,加工头11与载台141的相对位置关系在互不相同的至少三个位置关系之间变化之前,测量控制装置24可判定为使加工头11及载台141中的至少一者平移移动。即,在加工头11与载台141的相对位置关系成为互不相同的至少三个位置关系的各个的状况下测量头22对至少三个基准构件FM照射测量光ML之前,测量控制装置24可判定为使加工头11及载台141中的至少一者平移移动。因此,关于在步骤S208中使加工头11及载台141中的至少一者平移移动的目的的一例,也可视为将加工头11与载台141的相对位置关系设定为互不相同的至少三个位置关系的各个。进而,在步骤S208中加工头11及载台141中的至少一者进行平移移动的情况下,与在步骤S208中加工头11及载台141中的至少一者不进行平移移动的情况相比,能够算出机械坐标系内的移动误差的空间扩大。关于在步骤S208中使加工头11及载台141中的至少一者平移移动的目的的一例,也可视为扩大能够算出机械坐标系内的移动误差的空间。

[0391] 作为一例,测量控制装置24可在如下情况之前判定为使加工头11及载台141中的至少一者平移移动:在加工头11与载台141的相对位置关系成为第一位置关系的状况下,测量头22对至少三个基准构件FM照射测量光ML,在加工头11与载台141的相对位置关系成为与第一位置关系不同的第二位置关系的状况下,测量头22对至少三个基准构件FM照射测量光ML,且在加工头11与载台141的相对位置关系成为与第一位置关系及第二位置关系不同的第三位置关系的状况下,测量头22对基准构件FM照射测量光ML。

[0392] 另一方面,在步骤S207中的判定结果例如判定为不使加工头11及载台141平移移动的情况下(步骤S207:否),测量控制装置24判定是否使载台141旋转移动(步骤S210)。反过来说,在进行步骤S202至步骤S209的动作的期间中,载台141不进行旋转移动。

[0393] 例如,在载台141旋转移动的次数小于必要移动次数的情况下,测量控制装置24可判定为使载台141旋转移动。例如,在载台141旋转移动的次数已成为必要移动次数以上的情况下,测量控制装置24可判定为不使载台141旋转移动。

[0394] 在步骤S210中的判定结果例如判定为使载台141旋转移动的情况下(步骤S210:是),测量控制装置24使载台141在机械坐标系内旋转移动(步骤S211)。例如,测量控制装置24可使载台141在机械坐标系内绕旋转轴(X)及旋转轴(Z)中的至少一者旋转移动。

[0395] 作为一例,在使载台141绕旋转轴(X)旋转移动以使载台141绕旋转轴(X)的旋转角度成为期望X角度的情况下,在测量控制装置24的控制下,对载台驱动系统142进行控制的加工控制装置16基于期望X角度,生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号,以使载台141绕旋转轴(X)旋转移动直到载台141绕旋转轴(X)的旋转角度成为期望X角度。此外,用于生成载台驱动控制信号的与期望X角度相关的信息也可视为与载台141的移动相关的指令值。然后,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16基于所生成的载台驱动控制信号对载台驱动系统142进行控制。其结果,载台驱动系统142绕旋转轴(X)旋转移动,以使载台141绕旋转轴(X)的旋转角度成为期望X角度。其结果,载台141在绕旋转轴(X)旋转移动直到载台141绕旋转轴(X)的旋转角度成为期望X角度之后停止。

[0396] 但是,在此时刻,由于载台141的旋转移动中产生的移动误差未被修正,因此载台141绕旋转轴(X)的旋转角度未必成为期望X角度。即,载台141绕旋转轴(X)的实际旋转角度未必与期望X角度一致。

[0397] 作为另一例,在使载台141绕旋转轴(Z)旋转移动以使载台141绕旋转轴(Z)的旋转

角度成为期望Z角度的情况下,在测量控制装置24的控制下,对载台驱动系统142进行控制的加工控制装置16基于期望Z角度,生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号,以使载台141绕旋转轴(Z)旋转移动直到载台141绕旋转轴(Z)的旋转角度成为期望Z角度。此外,用于生成载台驱动控制信号的与期望Z角度相关的信息也可视为与载台141的移动相关的指令值。然后,在测量控制装置24的控制下,加工控制装置16基于所生成的载台驱动控制信号对载台驱动系统142进行控制。其结果,载台驱动系统142绕旋转轴(Z)旋转移动,以使载台141绕旋转轴(Z)的旋转角度成为期望Z角度。其结果,载台141在绕旋转轴(Z)旋转移动直到载台141绕旋转轴(Z)的旋转角度成为期望Z角度之后停止。

[0398] 但是,在此时刻,由于载台141的旋转移动中产生的移动误差未被修正,因此载台141绕旋转轴(Z)的旋转角度未必成为期望Z角度。即,载台141绕旋转轴(Z)的实际旋转角度未必与期望Z角度一致。

[0399] 此外,在加工头11及载台141两者能够旋转移动的情况下,在步骤S211中,测量控制装置24不使加工头11及载台141同时旋转移动。例如,在步骤S211中,测量控制装置24在使加工头11旋转移动的情况下,不使载台141与加工头11的旋转移动并行地旋转移动。另一方面,在步骤S211中,测量控制装置24在使载台141旋转移动的情况下,不使加工头11与载台141的旋转移动并行地旋转移动。但是,测量控制装置24也可在步骤S211中使加工头11及载台141同时旋转移动。

[0400] 然后,测量控制装置24算出至少三个局部扫描区LSA相对于测量头22的方向(步骤S209)。测量控制装置24进行局部扫描(步骤S204),并基于局部扫描的结果,算出至少三个基准构件FM相对于测量头22的方向(步骤S205)。然后,测量控制装置24对测量头22进行控制,以对至少三个基准构件FM照射测量光ML(步骤S206)。然后,测量控制装置24判定是否使加工头11及载台141中的至少一者平移移动(步骤S207)。

[0401] 如此,在本实施方式中,每当载台141沿着旋转轴移动并停止时,测量头22接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL。特别是,每当载台141沿着旋转轴移动并停止时,在加工头11与载台141的位置关系成为互不相同的至少三个位置关系的各个的状况下,测量头22接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL。即,每当载台141沿着旋转轴移动并停止时,测量系统2反复进行使用头驱动系统12及载台驱动系统142使加工头11与载台141中的至少一者平移移动而变更加工头11与载台141的位置关系的动作(步骤S208)、以及使用测量头22接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL的动作(步骤S206)。

[0402] 此外,在加工头11能够旋转移动的情况下,每当加工头11沿着旋转轴移动并停止时,测量头22也可接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL。特别是,测量头22每当加工头11沿着旋转轴移动并停止时,在加工头11与载台141的位置关系成为互不相同的至少三个位置关系的各个的状况下,测量头22也可接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL。即,每当加工头11沿着旋转轴移动并停止时,测量系统2也可反复进行使用头驱动系统12及载台驱动系统142使加工头11与载台141中的至少一者平移移动而变更加工头11与载台141的位置关系的动作(步骤S208)、以及使用测量头22接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL的动作(步骤S206)。

[0403] 在步骤S210中使加工头11及载台141中的至少一个旋转移动的情况下,测量控制装置24为了排除加工头11及载台141中的至少一个的旋转移动中产生的反冲成分的影响,

也可使加工头11及载台141中的至少一个沿着相同的旋转方向以相同的朝向旋转移动。例如,测量控制装置24可在不改变载台141的旋转方向及旋转的朝向的情况下,使载台141朝向分别绕旋转轴周围(X)及旋转轴(Z)的一个方向逐次移动期望旋转角度。

[0404] 另一方面,在步骤S210中的判定结果例如判定为不使载台141旋转移动的情况下(步骤S210:否),测量控制装置24基于步骤S206中的返回光RL的受光结果,算出至少三个基准构件FM的实际位置(步骤S212)。

[0405] 此处,参照图22,对在图21的步骤S212中算出基准构件FM的位置的运动的概要进行说明。如上所述,每当载台141进行旋转移动并停止时,在加工头11与载台141的位置关系成为互不相同的至少三个位置关系的各个的状况下,测量头22接收来自至少三个基准构件FM的各个的返回光RL。例如,如图22所示,测量头22在加工头11与载台141的位置关系处于第一位置关系的第一状况下,接收来自基准构件FM的返回光RL,在加工头11与载台141的位置关系处于与第一位置关系不同的第二位置关系的第二状况下,接收来自基准构件FM的返回光RL,在加工头11与载台141的位置关系处于与第一位置关系及第二位置关系不同的第三位置关系的第三状况下,接收来自基准构件FM的返回光RL。此外,如上所述,加工头11及载台141在第一状况至第三状况的各个下的位置(在机械坐标系内的位置)对于测量控制装置24而言为已知信息。在所述情况下,测量控制装置24可基于第一状况下的测量头22对返回光RL的受光结果,算出第一状况下的测量头22与基准构件FM之间的距离 d_1 。进而,测量控制装置24也可基于第二状况下的测量头22对返回光RL的受光结果,算出第二状况下的测量头22与基准构件FM之间的距离 d_2 。进而,测量控制装置24也可基于第三状况下的测量头22对返回光RL的受光结果,算出第三状况下的测量头22与基准构件FM之间的距离 d_3 。然后,测量控制装置24基于距离 d_1 至距离 d_3 、以及加工头11及载台141在第一状况至第三状况的各个下的位置(在机械坐标系内的位置),算出基准构件FM在机械坐标系内的位置。例如,测量控制装置24也可算出以第一状况下的测量头22为中心且距离 d_1 为半径的球、与以第二状况下的测量头22为中心且距离 d_2 为半径的球、以及以第三状况下的测量头22为中心且距离 d_3 为半径的球的交点的位置作为基准构件FM的位置。

[0406] 此外,如上所述,测量控制装置24可基于与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出从测量头22射出测量光ML的方向。即,如图22所示,测量控制装置24可基于与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出表示从测量头22射出测量光ML的方向的方位角 θ 。此外,在图22所示的例子中,作为方位角 θ ,使用沿着从测量头22射出测量光ML的方向延伸的轴相对于通过测量头22的基准点FP的铅垂方向的轴所成的角度。在所述情况下,测量控制装置24可基于距离 d_1 及距离 d_2 、加工头11及载台141在第一状况及第二状况的各个下的位置(在机械坐标系内的位置)、以及在第一状况及第二状况的各个下从测量头22射出测量光ML的方向,算出基准构件FM的位置。在所述情况下,每当载台141进行旋转移动并停止时,加工头11及载台141中的至少一者也可进行平移移动,以使加工头11与载台141的位置关系在互不相同的至少两个位置关系之间变化。即,测量头22可在加工头11与载台141的位置关系处于第一位置关系的第一状况下,接收来自基准构件FM的返回光RL,在加工头11与载台141的位置关系处于与第一位置关系不同的第二位置关系的第二状况下,接收来自基准构件FM的返回光RL,另一方面,在加工头11与载台141的位置关系处于与第一位置关系及第二位置关系不同的第三位置关系的第三状况下,不接收来自基准构件FM的返回光RL。

[0407] 或者,根据情况,测量控制装置24也可基于距离 d_1 、加工头11及载台141在第一状况下的位置(在机械坐标系内的位置)、以及在第一状况下从测量头22射出测量光ML的方向,算出基准构件FM的位置。在所述情况下,每当载台141进行旋转移动并停止时,也可不使加工头11及载台141平移移动。即,测量头22可在加工头11与载台141的位置关系处于第一位置关系的第一状况下,接收来自基准构件FM的返回光RL,另一方面,在加工头11与载台141的位置关系处于与第一位置关系不同的第二位置关系的第二状况、以及加工头11与载台141的位置关系处于与第一位置关系及第二位置关系不同的第三位置关系的第三状况的各个下,不接收来自基准构件FM的返回光RL。

[0408] 测量控制装置24以与基准构件FM的数量对应的次数反复进行此种算出基准构件FM的位置的动作。其结果,测量控制装置24可算出加工头11及载台141的旋转角度成为规定角度的状况下的至少三个基准构件FM的位置。

[0409] 进而,测量控制装置24针对载台141的每一旋转角度反复进行算出载台141的旋转角度成为规定角度的状况下的至少三个基准构件FM的位置的动作。其结果,如图23所示,测量控制装置24可算出随着载台141的旋转移动而旋转移动的基准构件FM在机械坐标系内的位置。

[0410] 此外,图23示出在图21的步骤S211中载台141绕旋转轴(Z)旋转移动时算出的基准构件FM在机械坐标系内的位置的一例。此外,测量控制装置24也可基于在载台141的旋转角度成为规定角度的状况下算出的至少三个基准构件FM的位置,算出如图23所示那样的基准构件FM在机械坐标系中的位置。例如,如图23所示那样的基准构件FM在机械坐标系中的位置也可为,在载台141的旋转角度成为规定角度的状况下算出的至少三个基准构件FM各自的位置的平均值。例如,如图23所示那样的基准构件FM在机械坐标系中的位置也可为,在载台141的旋转角度成为规定角度的状况下算出的至少三个基准构件FM各自的位置的重心或中心。此外,在图21的第二移动误差算出动作中使用的基准构件FM的数量并不限于至少三个。在第二移动误差算出动作中使用的基准构件FM的数量也可为两个以下,也可为四个以上。

[0411] 再回到图21中,然后,测量控制装置24基于在步骤S212中算出的基准构件FM在机械坐标系中的实际位置,算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差(步骤S213)。

[0412] 具体而言,加工头11的旋转移动中产生的移动误差相当于加工头11的实际旋转角度与加工头11的目标旋转角度的差值。同样地,载台141的移动误差相当于载台141的实际旋转角度与载台141的目标旋转角度的差值。此处,如上所述,在本实施方式中,使用载台141分别绕旋转轴(X)及旋转轴(Z)旋转移动的例子开展说明。因此,以下,具体说明算出在载台142分别绕旋转轴(X)及旋转轴(Z)旋转移动时产生的移动误差的动作。但是,如之后详细叙述的那样,即使在加工头11绕旋转轴(X)、旋转轴(Y)及旋转轴(Z)中的至少一个旋转移动的情况下,测量控制装置24也可通过进行与以下说明的动作同样的动作,算出加工头11绕旋转轴(X)、旋转轴(Y)及旋转轴(Z)中的至少一个旋转移动时产生的移动误差。同样地,即使在载台141绕旋转轴(Y)旋转移动的情况下,测量控制装置24也可通过进行与以下说明的动作同样的动作,算出载台141绕旋转轴(Y)旋转移动时产生的移动误差。

[0413] 此处,测量控制装置24可基于图23所示的基准构件FM的实际位置,算出载台141的

实际旋转角度。例如,测量控制装置24可基于随着载台141绕旋转轴(X)的旋转移动而移动的基准构件FM的实际位置,算出载台141绕旋转轴(X)的实际X旋转角度 θ_{x_actual} 。例如,测量控制装置24可基于随着载台141绕旋转轴(Z)的旋转移动而移动的基准构件FM的实际位置,算出载台141绕旋转轴(Z)的实际Z旋转角度 θ_{z_actual} 。其结果,测量控制装置24也可算出载台141的实际X旋转角度 θ_{x_actual} 与载台141的指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 的差值 $\Delta\theta_x$ 作为载台141的旋转移动中产生的移动误差。测量控制装置24也可算出载台141的实际Z旋转角度 θ_{z_actual} 与载台141的指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$ 的差值 $\Delta\theta_z$ 作为载台141的旋转移动中产生的移动误差。此外,作为载台141的旋转移动中产生的移动误差的一例,图24示意性地示出载台141的实际的Z旋转角度 θ_{z_actual} 与载台141的指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$ 的差值 $\Delta\theta_z$ 。

[0414] 作为指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 及指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$,也可使用在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时使用的加工头11的目标旋转角度。作为指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 及指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$,也可使用对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果。作为指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 及指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$,也可使用根据在生成用于对载台驱动系统142进行控制的载台驱动控制信号时能够利用的载台141的目标旋转量算出的目标旋转角度。此外,指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 及指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$ 也可视为与载台141的移动相关的指令值。

[0415] 此外,在载台141能够绕旋转轴(Y)旋转移动的情况下,测量控制装置24也可基于随着载台141绕旋转轴(Y)的旋转移动而移动的基准构件FM的实际位置,算出载台141绕旋转轴(Y)的实际Y旋转角度 θ_{y_actual} 。然后,测量控制装置24也可算出载台141的实际Y旋转角度 θ_{y_actual} 与载台141的指令上的Y旋转角度 $\theta_{y_command}$ 的差值 $\Delta\theta_y$ 作为载台141的旋转移动中产生的移动误差。

[0416] 另外,在加工头11而非载台141能够绕旋转轴(X)旋转移动的情况下,测量控制装置24也可基于随着加工头11绕旋转轴(X)的旋转移动而相对于加工头11相对移动的基准构件FM的实际位置,算出加工头11绕旋转轴(X)的实际X旋转角度 θ_{x_actual} 。然后,测量控制装置24也可算出加工头11的实际X旋转角度 θ_{x_actual} 与加工头11的指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 的差值 $\Delta\theta_x$ 作为加工头11的旋转移动中产生的移动误差。

[0417] 另外,在加工头11而非载台141绕旋转轴(Y)旋转移动的情况下,测量控制装置24也可基于随着加工头11绕旋转轴(Y)的旋转移动而相对于加工头11相对移动的基准构件FM的实际位置,算出加工头11绕旋转轴(Y)的实际Y旋转角度 θ_{y_actual} 。然后,测量控制装置24也可算出加工头11的实际Y旋转角度 θ_{y_actual} 与加工头11的指令上的Y旋转角度 $\theta_{y_command}$ 的差值 $\Delta\theta_y$ 作为加工头11的旋转移动中产生的移动误差。

[0418] 另外,在加工头11而非载台141能够绕旋转轴(Z)旋转移动的情况下,测量控制装置24也可基于随着加工头11绕旋转轴(Z)的旋转移动而相对于加工头11相对移动的基准构件FM的实际位置,算出加工头11绕旋转轴(Z)的实际Z旋转角度 θ_{z_actual} 。然后,测量控制装置24也可算出加工头11的实际Z旋转角度 θ_{z_actual} 与加工头11的指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$ 的差值 $\Delta\theta_z$ 作为加工头11的旋转移动中产生的移动误差。

[0419] 此外,测量控制装置24可在所述移动误差($\Delta\theta_x$ 、 $\Delta\theta_z$)的基础上或代替其而生成

表示移动误差的函数作为与移动误差相关的信息。例如,测量控制装置24也可算出如下函数、即在被输入了任意指令上的旋转角度的情况下,输出基于所述任意指令上的旋转角度的旋转移动中产生的移动误差的函数。在所述情况下,测量控制装置24也可生成函数本身。测量控制装置24也可生成函数的参数(例如系数等)。

[0420] 测量控制装置24可在所述移动误差($\Delta\theta_x$ 、 $\Delta\theta_z$)的基础上或代替其而生成如下函数、即表示基于使载台141以任意指令上的旋转角度旋转移动的载台驱动控制信号而使载台141旋转移动时的载台141的实际旋转角度的函数,作为与移动误差相关的信息。在加工头11能够旋转移动的情况下,测量控制装置24可在所述移动误差($\Delta\theta_x$ 、 $\Delta\theta_z$)的基础上或代替其,生成如下函数、即表示基于使加工头11以任意指令上的旋转角度旋转移动的头驱动控制信号而使加工头11旋转移动时的加工头11的实际旋转角度的函数,作为与移动误差相关的信息。在所述情况下,测量控制装置24也可生成函数本身。测量控制装置24也可生成函数的参数(例如系数等)。

[0421] 在生成与移动误差相关的信息之后,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正移动误差的误差修正信息。

[0422] 例如,测量控制装置24也可生成用于修正所述指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 的修正值 C_a 作为误差修正信息。具体而言,在基于使载台141以指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 旋转移动的载台驱动控制信号而使载台141进行了移动的情况下,载台141以通过对指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 加上移动误差 $\Delta\theta_x$ 而得的旋转角度而非指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 进行旋转移动。因此,设想若将通过从指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 减去移动误差 $\Delta\theta_x$ 而得的旋转角度用作新的指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$,则载台141以指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 旋转移动。因此,测量控制装置24也可将移动误差 $\Delta\theta_x$ 设定为用于修正指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 的修正值 C_a 。在所述情况下,测量控制装置24可生成包含任意指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command\#p}$ 与所述指令上的X旋转角度的修正值 $C_{a\#p}$ 的多个信息组的误差修正信息。出于同样的理由,测量控制装置24也可将移动误差 $\Delta\theta_z$ 设定为用于修正指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$ 的修正值 C_c 。在所述情况下,测量控制装置24可生成包含任意指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command\#q}$ 与所述指令上的Z旋转角度的修正值 $C_{c\#q}$ 的多个信息组的误差修正信息。

[0423] 例如,测量控制装置24也可生成在被输入了任意指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command}$ 及指令上的Z旋转角度 $\theta_{z_command}$ 中的至少一者的情况下表示修正值 C_a 及修正值 C_c 中的至少一者的函数作为误差修正信息。作为此种函数的一例,可列举以幂表示修正值 $C_{a\#p}$ 及修正值 $C_{c\#q}$ 中的至少一者的函数。作为以幂表示修正值 $C_{a\#p}$ 及修正值 $C_{c\#q}$ 中的至少一者的函数的一例,可列举函数“ $C_{a\#p} = aa \times A + ba \times A^2 + \dots$ ”。此外,所述函数中的“A”表示指令上的X旋转角度 $\theta_{x_command\#p}$,”aa”及“ba”表示系数。在所述情况下,测量控制装置24可生成函数本身。测量控制装置24也可生成函数的参数(例如系数aa及系数ba等)。

[0424] 在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,测量控制装置24也可将误差修正信息作为用于对机床1进行控制的信息输出到机床1(特别是加工控制装置16)。在所述情况下,加工控制装置16可基于误差修正信息,对加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动进行控制。具体而言,加工控制装置16可基于误差修正信息,修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的旋转角度,并使用修正后的指令上的旋转角度,生成用

于使加工头11及载台141中的至少一者旋转移动的驱动控制信号。其结果,即使在载台141的旋转移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可与载台141的旋转移动中未产生移动误差的情况同样地,使载台141以修正前原本的指令上的旋转角度旋转移动。即,机床1可精度良好地使载台141旋转移动。在加工头11能够旋转移动的情况下,即使在加工头11的旋转移动中产生了移动误差的情况下,机床1也与加工头11的旋转移动中未产生移动误差的情况同样地,可使加工头11以修正前原本的指令上的旋转角度旋转移动。即,机床1可使加工头精度良好地旋转移动。其结果,机床1可精度良好地对工件W进行加工。

[0425] 在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,加工控制装置16也可代替基于误差修正信息对加工头11的旋转移动进行控制,而基于误差修正信息修正对加工头11的位置进行测量的头位置测量装置13的测量结果。在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,加工控制装置16也可代替基于误差修正信息对载台141的旋转移动进行控制,而基于误差修正信息修正对载台141的位置进行测量的位置测量装置143的测量结果。

[0426] 在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,作为用于对机床1进行控制的信息,所述加工路线表示机床1对工件W的加工路径。在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正测量路线的测量路线修正信息,所述测量路线表示测量系统2对工件W的测量路径。

[0427] 在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,生成用于修正驱动控制信号的驱动修正信息作为用于对机床1进行控制的信息,所述驱动修正信息由加工控制装置16生成,以对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息,对加工控制装置16生成的驱动控制信号进行修正。此外,在所述情况下,测量控制装置24也可代替加工控制装置16,而基于修正后的驱动控制信号(修正驱动信号)对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。在第二移动误差算出动作中,与第一移动误差算出动作同样地,测量控制装置24也可基于与移动误差相关的信息生成驱动控制信号。此外,在所述情况下,测量控制装置24也可代替加工控制装置16,而基于所生成的驱动控制信号,对头驱动系统12及载台驱动系统142中的至少一者进行控制。

[0428] 此外,加工系统SYS也可分开进行如下的动作:通过在图21的步骤S210中使载台141绕旋转轴(X)旋转移动,算出载台141绕旋转轴(X)的旋转移动中产生的移动误差;及通过在图21的步骤S210中使载台141绕旋转轴(Z)旋转移动,算出载台141绕旋转轴(Z)的旋转移动中产生的移动误差。即,加工系统SYS也可分开进行如下的动作:通过在图21的步骤S210中使加工头11及载台141中的至少一者绕一个旋转轴旋转移动,算出加工头11及载台141中的至少一者绕一个旋转轴的旋转移动中产生的移动误差;及通过在图21的步骤S210中使加工头11及载台141中的至少一者绕另一旋转轴旋转移动,算出加工头11及载台141中的至少一者绕另一旋转轴的旋转移动中产生的移动误差。

[0429] 另外,作为第二移动误差算出动作,加工系统SYS也可与第一移动误差算出动作同

样地进行使用多边测量的原理算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差的动作。在所述情况下,在图21的步骤S201中,加工系统SYS也可不使用测量点MP#1至测量点MP#J中的任意一个的位置作为初始位置。进而,在图21的步骤S208中,也可不使用测量点MP#1至测量点MP#J中的任意一个的位置作为加工头11移动的期望位置。即使在所述情况下,测量控制装置24也可通过解出所述数式1所示的最小化问题,算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转角度成为规定的旋转角度的状态下的测量点MP及基准构件FM的位置。测量控制装置24在每当使加工头11及载台141中的至少一者旋转移动并停止时反复进行所述动作。其结果,测量控制装置24可算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差。加工系统SYS也可不在进行了所述第一移动误差算出动作之后进行第二移动误差算出动作。加工系统SYS也可在进行了所述第一移动误差算出动作之前进行第二移动误差算出动作。在所述情况下,加工系统SYS也可在进行了第二移动后算出动作之后进行第一移动误差算出动作。

[0430] (2-2-3) 在进行移动误差算出动作之后进行的动作

[0431] 在进行了所述移动误差算出动作之后,机床1也可在加工控制装置16的控制下对工件W进行加工。在所述情况下,加工控制装置16也可基于从测量控制装置24获取的误差修正信息,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。其结果,即使在加工头11的移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可与加工头11的移动中未产生移动误差的情况同样地使加工头11移动,以使加工头11位于指令上的位置。即,机床1可精度良好地使加工头11移动。同样地,即使在载台141的移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可与载台141的移动中未产生移动误差的情况同样地使载台141移动,以使载台141位于未被修正的原本的指令上的位置。即,机床1可精度良好地使载台141移动。其结果,机床1可精度良好地对工件W进行加工。

[0432] 在机床1结束对工件W进行加工之后,测量系统2也可对机床1加工后的工件W的三维形状进行测量。具体而言,机床1的工具更换装置15也可拆卸已组装在主轴111上的工具113,并在主轴111上组装测量头22。然后,测量系统2也可使用组装在主轴111上的测量头22对机床1加工后的工件W的三维形状进行测量。在所述情况下,加工控制装置16也可基于从测量控制装置24获取的误差修正信息,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。即,加工控制装置16也可根据从测量控制装置24获取的误差修正信息,对组装在加工头11上的测量头22及载台141中的至少一者的移动进行控制。其结果,即使在加工头11的移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可与加工头11的移动中未产生移动误差的情况同样地使加工头11移动,以使加工头11位于指令上的位置。即,机床1可精度良好地使加工头11移动。其结果,机床1可精度良好地使组装在加工头11上的测量头22移动。同样地,即使在载台141的移动中产生了移动误差的情况下,机床1也可与载台141的移动中未产生移动误差的情况同样地使载台141移动,以使载台141位于未被修正的原本的指令上的位置。即,机床1可精度良好地使载台141移动。其结果,测量系统2能够适当地对工件W的三维形状进行测量。

[0433] 在测量系统2所测量的工件W的三维形状与工件W的目标形状不同的情况下,机床1也可对工件W进行追加加工,以使工件W的三维形状成为工件W的目标形状。另一方面,在测量系统2所测量的工件W的三维形状与工件W的目标形状相同的情况下,机床1也可不对工件

W进行追加加工。例如,测量控制装置24也可通过接收如下的返回光RL、即通过对工件W的多处地方的各处照射来自测量头22的测量光ML而产生的来自各处的返回光RL,来算出工件W的三维形状。而且,测量控制装置24也可通过比较所算出的工件W的三维形状与表示工件W的目标形状的基准模型(例如表示工件W的目标形状的计算机辅助设计(Computer Aided Design,CAD)模型),来判断是否需要工件W的追加加工。在需要工件W的追加加工的情况下,测量控制装置24也可基于所算出的工件W的三维形状与表示工件W的目标形状的基准模型的比较结果,生成追加加工信息。追加加工信息例如可包含工件W中要进行追加加工的位置及追加加工的量中的至少一者。或者,追加加工信息也可包含与所算出的工件W的三维形状相关的信息。测量控制装置24也可将所生成的追加加工信息输出到机床1的加工控制装置16。加工控制装置16也可基于从测量控制装置24输出的追加加工信息,对机床1进行控制以对工件W进行追加加工。

[0434] 在测量系统2开始对工件W的三维形状进行测量之前,加工系统SYS也可再次进行所述移动误差算出动作。例如,在机床1对工件W进行加工的期间,移动误差有可能发生变动。例如,由于工件W的重量随着工件W的加工而改变,因此载置有工件W的载台141的移动误差有可能发生变动。例如,由于载台141的温度随着工件W的加工而改变,因此载台141的移动误差有可能发生变动。例如,由于加工头11的温度随着工件W的加工而改变,因此加工头11的移动误差有可能发生变动。例如,由于头驱动系统12的温度随着工件W的加工而改变,因此加工头11的移动误差有可能发生变动。在所述情况下,在测量系统2开始对工件W的三维形状进行测量之前再次进行移动误差算出动作的情况下,加工控制装置16可考虑到变动后的移动误差,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。因此,与不再次进行移动误差算出动作的情况相比,加工控制装置16可精度良好地使加工头11及载台141中的至少一者移动。

[0435] (2-2-4) 移动误差算出动作的另一例

[0436] 在上述说明中,测量系统2的测量控制装置24进行:第一动作,基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出测量头22与基准构件FM之间的距离(图12的步骤S110或图21的步骤S212);第二动作,基于所算出的距离算出测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置(图12的步骤S110或图21的步骤S212);第三动作,基于测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置生成与移动误差相关的信息作为用于对机床进行控制的信息(图12的步骤S111或图21的步骤S213);第四动作,基于与移动误差相关的信息生成用于修正移动误差的误差修正信息作为用于对机床进行控制的信息(图12的步骤S111或图21的步骤S213);以及第五动作,基于与移动误差相关的信息生成用于对机床1进行控制的信息(特别是与在第三动作及第四动作中生成的信息不同的信息)(图12的步骤S111或图21的步骤S213)。然而,机床1的加工控制装置16也可进行第一动作至第五动作中的至少一个。

[0437] 例如,加工控制装置16也可进行第一动作。在所述情况下,测量控制装置24可将与测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息而输出到机床1(特别是加工控制装置16)。加工控制装置16可进行基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出测量头22与基准构件FM之间的距离的第一动作。

[0438] 例如,测量控制装置24也可进行第一动作,加工控制装置16也可进行第二动作。在

所述情况下,测量控制装置24可将第一动作中算出的与测量头22和基准构件FM之间的距离相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息而输出到机床1(特别是加工控制装置16)。加工控制装置16可进行基于从测量控制装置24获取的与距离相关的信息算出测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置的第二动作。

[0439] 例如,测量控制装置24也可进行第一动作及第二动作,加工控制装置16也可进行第三动作。在所述情况下,测量控制装置24可将第二动作中算出的与测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息而输出到机床1(特别是加工控制装置16)。加工控制装置16可进行基于从测量控制装置24获取的与测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置相关的信息,生成与移动误差相关的信息的第三动作。

[0440] 例如,测量控制装置24也可进行第一动作至第三动作,加工控制装置16也可进行第四动作。在所述情况下,测量控制装置24可将第三动作中生成的与移动误差相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息而输出到机床1(特别是加工控制装置16)。加工控制装置16也可进行基于从测量控制装置24获取的与移动误差相关的信息,生成用于修正移动误差的误差修正信息的第四动作。

[0441] 机床1的加工控制装置16也可基于从测量系统2的测量控制装置24获取的信息,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。例如,在加工控制装置16从测量控制装置24获取与测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果相关的信息的情况下,加工控制装置16也可基于与所述受光结果相关的信息以及加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。作为一例,加工控制装置16也可基于与受光结果相关的信息,修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,使得加工头11及载台141中的至少一者即使在产生移动误差的情况下也与未产生移动误差的情况同样地移动。在所述情况下,加工控制装置16也可与所述测量控制装置24的处理同样地基于受光结果,生成与测量头22和基准构件FM之间的距离相关的信息,并基于所生成的与距离相关的信息,算出测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置,基于所算出的测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置,生成与移动误差相关的信息。而且,加工控制装置16也可基于所生成的与移动误差相关的信息,来修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置。例如,在加工控制装置16从测量控制装置24获取与测量头22和基准构件FM之间的距离相关的信息的情况下,加工控制装置16也可基于与所述距离相关的信息、以及加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。作为一例,加工控制装置16也可基于与距离相关的信息,来修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,使得加工头11及载台141中的至少一者即使在产生了移动误差的情况下也与未产生移动误差的情况同样地移动。在所述情况下,加工控制装置16也可与所述测量控制装置24的处理同样地,基于与距离相关的信息,算出测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置,并基于所算出的测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置,生成与移动误差相关的信息。而且,加工控制装置16也可基于所生成的与移动误差相关的信息,来修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置。例如,在加工控制装置16从测量控制装置24获取与测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置相关的信息的情况下,加工控制装置16也可基于与所述位置相关的信息、以及加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控

制。作为一例,加工控制装置16也可基于与位置相关的信息,来修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,使得加工头11及载台141中的至少一者即使在产生了移动误差的情况下也与未产生移动误差的情况同样地移动。在所述情况下,加工控制装置16也可与所述测量控制装置24的处理同样地,基于与测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置相关的信息,生成与移动误差相关的信息。而且,加工控制装置16也可基于所生成的与移动误差相关的信息,来修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置。例如,在加工控制装置16从测量控制装置24获取与移动误差相关的信息的情况下,加工控制装置16也可基于与所述移动误差相关的信息、以及加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,对加工头11及载台141中的至少一者的移动进行控制。作为一例,加工控制装置16也可基于与移动误差相关的信息,来修正加工头11及载台141中的至少一者的指令上的位置,使得加工头11及载台141中的至少一者即使在产生了移动误差的情况下也与未产生移动误差的情况同样地移动。

[0442] 在上述说明中,在图12的步骤S110或图21的步骤S212中,测量控制装置24(或加工控制装置16)基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置,并基于测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置生成与移动误差相关的信息。此处,用于生成与移动误差相关的信息的、与测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置相关的信息可基于测量头22与基准构件FM之间的距离而生成。因此,基于测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置生成与移动误差相关的信息的动作也可视为与基于测量头22和基准构件FM之间的距离生成与移动误差相关的信息的动作等效。由于与移动误差相关的信息是用于对机床1进行控制的信息,因此基于测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置生成用于对机床1进行控制的信息的动作也可视为与基于测量头22和基准构件FM之间的距离生成用于对机床1进行控制的信息的动作等效。另外,可以说用于生成与移动误差相关的信息的、与测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置相关的信息是基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果而生成。因此,基于测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置生成与移动误差相关的信息的动作也可视为与基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果生成与移动误差相关的信息的动作等效。由于与移动误差相关的信息是用于对机床1进行控制的信息,因此基于测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置生成用于对机床1进行控制的信息的动作也可视为与基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果生成用于对机床1进行控制的信息的动作等效。

[0443] 此外,在测量控制装置24(或加工控制装置16)基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置的情况下,测量控制装置24(或加工控制装置16)也可根据测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置,算出测量头22与基准构件FM之间的距离。所述动作也可视为基于测量头22对来自基准构件FM的返回光RL的受光结果算出测量头22与基准构件FM之间的距离的动作。

[0444] 测量控制装置24也可将在图12的步骤S110或图21的步骤S212中算出的与基准构件FM的位置相关的信息,作为用于对机床1进行控制的信息而输出到机床1(特别是加工控制装置16)。在所述情况下,加工控制装置16也可基于与基准构件FM的位置相关的信息,对机床1的动作进行控制。例如,加工控制装置16也可基于与基准构件FM的位置相关的信息来修正或生成加工路线。例如,加工控制装置16也可基于与基准构件FM的位置相关的信息,来

修正或生成头驱动控制信号。例如,加工控制装置16也可基于与基准构件FM的位置相关的信息,来修正或生成载台驱动控制信号。

[0445] (3) 机床1的技术效果

[0446] 如以上所说明的那样,在本实施方式中,测量控制装置24可基于返回光RL从基准构件FM的受光结果,算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。因此,机床1可精度良好地使加工头11及载台141中的至少一者移动。其结果,机床1可精度良好地对工件W进行加工。进而,测量系统2可适当地对工件W的三维形状进行测量。

[0447] 进而,在本实施方式中,在载台141与工件W上分别配置有基准构件FM。因此,如参照图11的(a)及图11的(b)所说明的那样,与仅在载台141上配置基准构件FM的情况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。因此,测量控制装置24无法对至少N个基准构件FM照射测量光ML的可能性变低。因此,测量控制装置24无法算出移动误差的场合变少。

[0448] 进而,如参照图11的(c)所说明的那样,在工件W上配置基准构件FM且另一方面在载台141上未配置基准构件FM的情况下,同样地与仅在载台141上配置基准构件FM的情况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性也变高。因此,测量控制装置24无法对至少N个基准构件FM照射测量光ML的可能性变低。因此,测量控制装置24无法算出移动误差的场合变少。

[0449] 进而,在本实施方式中,在载台141与工件W上分别配置有基准构件FM。因此,测量头22可在载台141上载置有工件W的状态下,对至少N个基准构件FM照射测量光ML。因此,与在载台141上未载置工件W的状态下测量头22对至少N个基准构件FM照射测量光ML的情况相比,测量头22可在与机床1实际对工件W进行加工的环境更接近的环境下,对至少N个基准构件FM照射测量光ML。因此,基于在工件W载置在载台141上的状态下被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出的移动误差与基于在工件W未载置在载台141上的状态下被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出的移动误差相比,接近在机床1实际对工件W进行加工的环境下产生的移动误差。因此,测量控制装置24可精度良好地算出移动误差。

[0450] 进而,在工件W上配置有基准构件FM且另一方面在载台141上未配置基准构件FM的情况下,同样地,测量头22也可在载台141上载置有工件W的状态下,对至少N个基准构件FM照射测量光ML。因此,与在工件W未载置在载台141上的状态下测量头22对至少N个基准构件FM照射测量光ML的情况相比,测量头22可在与机床1实际对工件W进行加工的环境更接近的环境下,对至少N个基准构件FM照射测量光ML。因此,基于在工件W载置在载台141上的状态下被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出的移动误差与基于在工件W未载置在载台141上的状态下被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出的移动误差相比,接近在机床1实际对工件W进行加工的环境下产生的移动误差。因此,测量控制装置24可精度良好地算出移动误差。。

[0451] 进而,由于在工件W上配置有基准构件FM,因此位于工件W的上方的测量头22可对至少N个基准构件FM照射测量光ML的可能性变高。其结果,测量控制装置24可适当地算出工件W的上方的空间中产生的移动误差。此处,在机床1对工件W进行加工的情况下,加工头11位于工件W的上方的可能性变高。其结果,在适当地算出工件W的上方的空间中产生的移动

误差的情况下,与无法适当地算出工件W的上方的空间中产生的移动误差的情况相比,加工系统SYS可适当地修正在加工头11为了对工件W进行加工而位于工件W的上方的状况下、加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的误差。即,加工系统SYS在加工头11对工件W进行加工的场合下,可适当地修正加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的误差。其结果,机床1可精度良好地对工件W进行加工。

[0452] 进而,在本实施方式中,测量头22对至少N个基准构件FM照射作为平行光的测量光ML。因此,测量控制装置24可在不受测量光ML的散焦的影响的情况下算出移动误差。具体而言,如上所述,测量头22通过使用检流计镜2228变更测量光ML的行进方向,对至少N个基准构件FM照射测量光ML。在所述情况下,测量头22与一个基准构件FM之间的距离有可能和测量头22与另一基准构件FM之间的距离大不相同。在所述情况下,假设测量光ML为会聚光,则测量头22有可能对一个基准构件FM照射处于聚焦状态的测量光ML,另一方面对另一基准构件FM照射处于散焦状态的测量光ML。其结果,由于测量光ML的聚焦状态的不同,基准构件FM的返回光RL的受光结果有可能不期望地产生偏差。然而,在本实施方式中,对基准构件FM照射作为平行光的测量光ML,因此由于测量光ML的聚焦状态的不同而基准构件FM的返回光RL的受光结果不期望地产生偏差的可能性低。因此,测量控制装置24可在不受测量光ML的散焦的影响的情况下算出移动误差。

[0453] (4) 变形例

[0454] 继而,对加工系统SYS的变形例进行说明。此外,在上述说明中,在工件W上配置有基准构件FM,但在以下说明的变形例中,也可未必在工件W上配置基准构件FM。

[0455] (4-1) 第一变形例

[0456] 第一变形例中的加工系统SYS也可通过以下所示的方法算出移动误差。具体而言,在第一变形例中,在图12的步骤S111中,测量控制装置24可算出机械坐标系内的第一空间SP1中产生的移动误差,然后,基于机械坐标系内的第一空间SP1中产生的移动误差的算出结果,算出与第一空间SP1不同的机械坐标系内的第二空间SP2中产生的移动误差。

[0457] 在图25中示出第一空间SP1及第二空间SP2的一例。如图25所示,第二空间SP2也可包含在载台141上载置有工件W的状况下工件W所占据的空间。另一方面,第一空间SP1也可包含第二空间SP2以外的空间。典型而言,第一空间SP1也可包含第二空间SP2周边的空间。第一空间SP1也可包含在载台141上载置有工件W的状况下未被工件W占据的空间。在所述情况下,测量控制装置24通过在载台141上载置有工件W的状况下进行所述第一移动误差算出动作,可算出在载台141上载置有工件W的状况下可使测量头22进入的第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差。另一方面,测量控制装置24即使在载台141上载置有工件W的状况下进行了所述第一移动误差算出动作,也无法算出在载台141上载置有工件W的状况下无法使测量头22进入的第二空间SP2中产生的移动误差。然而,在第一变形例中,测量控制装置24可根据在载台141上载置有工件W的状况下可使测量头22进入的第一空间SP1中产生的移动误差,算出在载台141上载置有工件W的状况下无法使测量头22进入的第二空间SP2中产生的移动误差。

[0458] 作为第一具体例,如图26所示,测量控制装置24也可基于作为第一空间SP1的一例的、位于工件W的上方的空间SP11中产生的移动误差,算出第二空间SP2中产生的移动误差。

[0459] 在所述情况下,测量控制装置24可通过在载台141上载置有工件W的状态下进行所

述第一移动误差算出动作,算出至少空间SP11中产生的移动误差。具体而言,测量控制装置24可使加工头11及载台141中的至少一者移动,以使测量头22在图12的步骤S108中至少位于空间SP11。其结果,测量控制装置24可算出空间SP11中的测量点MP的位置(即,测量头22的位置)(图12的步骤S110)。然后,测量控制装置24可基于空间SP11中的测量点MP的位置,算出空间SP11中产生的移动误差。

[0460] 此处,在算出空间SP11中产生的移动误差的情况下,也可在载台141上所载置的工件W上配置有基准构件FM。其结果,如参照图11的(a)至图11的(c)而在上文所述的那样,在位于工件W的上方的空间SP11的测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。其结果,位于空间SP11的测量头22可对至少N个基准构件FM照射测量光ML,测量控制装置24可算出空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差。此外,在所述情况下,也可不在载台141上配置基准构件FM,也可仅在载台141上所载置的工件W上配置基准构件FM。

[0461] 然后,测量控制装置24可基于空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差,算出第二空间SP2的至少一部分中产生的移动误差。例如,测量控制装置24可通过对在空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差进行插值,算出机械坐标系内的第二空间SP2的至少一部分中产生的移动误差。特别是,由于空间SP11与第二空间SP2相邻,因此测量控制装置24也可如图27所示,通过对空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差进行外插插值,算出第二空间SP2中产生的移动误差。

[0462] 或者,测量控制装置24也可基于为了算出空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差而算出的空间SP11的至少一部分空间中的测量点MP的位置(即,测量头22的位置),算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。例如,测量控制装置24可基于空间SP11的至少一部分空间中的测量点MP的位置,算出(在所述情况下,推定)第二空间SP2的至少一部分空间中的测量点MP的位置(即,测量头22的位置)。例如,测量控制装置24可通过对测量点MP在空间SP11的至少一部分空间中的位置进行插值,算出测量点MP在第二空间SP2的至少一部分空间中的位置。特别是,由于空间SP11与第二空间SP2相邻,因此测量控制装置24也可如图27所示,通过对空间SP11的至少一部分空间中的测量点MP的位置进行外插插值,算出第二空间SP2的至少一部分空间中的测量点MP的位置。然后,测量控制装置24也可基于测量点MP在第二空间SP2的至少一部分空间中的位置,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0463] 或者,测量控制装置24也可基于测量点MP在空间SP11的至少一部分空间中的位置,在不算出测量点MP在第二空间SP2中的位置的情况下或者在算出测量点MP在第二空间SP2的至少一部分空间中的位置的基础上,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。或者,测量控制装置24也可基于测量点MP在空间SP11的至少一部分空间中的位置,在不算出第二空间中产生的移动误差的情况下或者在算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的基础上,生成用于修正第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的误差修正信息。或者,测量控制装置24也可如上文所述那样,在算出空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差之后,进一步生成用于修正空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差的误差修正信息。然后,测量控制装置24可基于用于修正空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差的误差修正信息,生成用于修正第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的误差修正信息。在任一情况下,生成与无法使测量头22进入的第二

空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差相关的信息或用于修正所述移动误差的误差修正信息的情况均不会改变。

[0464] 作为第二的一例,如图28所示,测量控制装置24可基于作为第一空间SP1的一例的、位于工件W的侧方的空间SP12的至少一部分空间中产生的移动误差,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。此外,关于与基于所述空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的动作相关的说明,通过将“空间SP11”这一语句置换为“空间SP12”这一语句,能够移用为与基于空间SP12的至少一部分空间中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的动作相关的说明。因此,省略基于空间SP12中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的动作的说明。此外,在所述情况下,也可不在载台141上所载置的工件W上配置基准构件FM,也可仅在载台141上配置基准构件FM。

[0465] 此外,在所述情况下,也可不在载台141上配置基准构件FM,也可仅不在载台141上所载置的工件W上配置基准构件FM。在使用配置在载台141上所载置的工件W上的基准构件FM的情况下,测量控制装置24也可基于通过进行所述第一移动误差算出动作而算出的空间SP12的一部分中产生的移动误差,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0466] 但是,在基于空间SP12的至少一部分空间中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的情况下,由于空间SP12至少部分地包围第二空间SP2,因此如图29所示,测量控制装置24也可通过对空间SP12中产生的移动误差进行内插插值,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。如图29所示,测量控制装置24也可通过对空间SP12的至少一部分空间中的测量点MP的位置进行内插插值,算出第二空间SP2的至少一部分空间中的测量点MP的位置,并基于第二空间SP2的至少一部分空间中的测量点MP的位置,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0467] 另外,在算出空间SP12的至少一部分空间中产生的移动误差的情况下,也可在载台141上形成有基准构件FM。其结果,如参照图11的(d)及图11的(e)而在上文所述的那样,在位于工件W的侧方的空间SP12的至少一部分空间的测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。其结果,位于空间SP12的至少一部分空间的测量头22可对至少N个基准构件FM照射测量光ML,测量控制装置24可算出空间SP12的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0468] 作为第三具体例,如图30所示,也可基于分别为第一空间SP1的一例的多个空间SP13的至少一部分空间中产生的移动误差,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。图30示出使用位于工件W的上方的空间SP13#1、在工件W的-X侧位于工件W的侧方的空间SP13#2、以及在工件W的+X侧位于工件W的侧方的空间SP13#3作为多个空间SP13的例子。多个空间SP13中的至少两个可部分重叠。此外,关于与基于所述空间SP11的至少一部分空间中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的动作相关的说明,通过将“空间SP11”这一语句置换为“多个空间SP13的各个”这一语句,能够移用为与基于多个空间SP13的至少一部分空间中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的动作相关的说明。因此,省略基于多个空间SP13的至少一部分空间中产生的移动误差算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的动作的说明。

[0469] 但是,在第三具体例中,如图31所示,测量控制装置24也可将多个空间SP13的各个中的测量点MP的位置(即,测量头22的位置)结合(换句话说,合成或合并),而算出包含多个空间SP13的一个空间SP14中的测量点MP的位置。具体而言,测量控制装置24以多个空间SP13的各个为对象来进行所述第一移动误差算出动作。例如,测量控制装置24通过以空间SP13#1为对象来进行所述第一移动误差算出动作,算出空间SP13#1中的测量点MP的位置,通过以空间SP13#2为对象来进行所述第一移动误差算出动作,算出空间SP13#2中的测量点MP的位置,通过以空间SP13#3为对象来进行所述第一移动误差算出动作,算出空间SP13#3中的测量点MP的位置。然后,测量控制装置24将空间SP13#1中的测量点MP的位置、空间SP13#2中的测量点MP的位置、以及空间SP13#3中的测量点MP的位置结合。此时,测量控制装置24也可基于多个空间SP13中的至少两个重叠的重叠区域SPo1中的测量点MP的位置,将多个空间SP13的各个中的测量点MP的位置结合。具体而言,测量控制装置24依照重叠区域SPo1中的测量点MP的位置在多个空间SP13中的至少两个之间相同这一前提,以多个空间SP13中的任意一个为基准,将多个空间SP13的各个中的测量点MP的位置结合。然后,测量控制装置24可基于空间SP14中的测量点MP的位置,算出空间SP14的至少一部分空间中产生的移动误差。然后,测量控制装置24可基于空间SP14的至少一部分空间中产生的移动误差,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0470] 如此,在第一变形例中,测量控制装置24可算出在载台141上载置有工件W的状况下无法使测量头22进入的第二空间SP2中产生的移动误差。因此,测量控制装置24可算出包含第一空间SP1与第二空间SP2这两者的更大的空间中产生的移动误差,所述第一空间SP1是在载台141上载置有工件W的状况下可使测量头22进入的空间,所述第二空间SP2是在载台141上载置有工件W的状况下无法使测量头22进入的空间。

[0471] 另外,在第一变形例中,在载台141与工件W上分别配置有基准构件FM的情况下,也如参照图11的(a)及图11的(b)所说明的那样,与仅在载台141上配置有基准构件FM的情况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。因此,测量控制装置24无法对至少N个基准构件FM照射测量光ML的可能性变低。因此,测量控制装置24无法算出移动误差的场合变少。

[0472] 进而,在第一变形例中,在至少在工件W上配置有基准构件FM的情况下,也如参照图11的(c)所说明的那样,与仅在载台141上配置有基准构件FM的情况相比,在测量头22的测量范围内包含至少N个基准构件FM的可能性变高。因此,测量控制装置24无法对至少N个基准构件FM照射测量光ML的可能性变低。因此,测量控制装置24无法算出移动误差的场合变少。

[0473] 此外,在第一变形例中,测量系统2使用组装在加工头11(特别是主轴111)上的测量头22,算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。然而,在第一变形例中,测量系统2也可使用与使用组装在加工头11(特别是主轴111)上的测量头22算出测量误差的一种移动误差算出方法不同的其他移动误差算出方法,算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。在所述情况下,测量系统2也可使用其他移动误差算出方法算出第一空间SP1中产生的移动误差,然后,基于第一空间SP1中产生的移动误差的算出结果,算出第二空间SP2中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时从激光头朝向配置在主

轴111上的反射镜(基准构件)照射测量光,并使用配置在载台141上的干涉仪对测量光与其反射光的干涉光进行检测,由此对反射镜的位置(即主轴111的位置)进行检测,并基于主轴111的位置算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时从组装在主轴111上的自动准直仪对配置在载台141上的反射镜(基准构件)照射测量光,利用自动准直仪对反射光的焦点位置相对于反射光而言的变化进行检测,由此对反射镜的姿势(载台141的姿势)进行检测,并基于载台141的姿势算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时使用组装在主轴111上的变位仪对配置在载台141上的直尺的直线度进行测量,由此算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时使用组装在主轴111上的接触式探针或非接触式的传感器对配置在载台141上的校准人工制品(artifact)(即,形状预先经校正的测定基准)进行测量,由此算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时从配置在载台141上的激光干涉仪对组装在主轴111上的反射镜(为逆反射器且为基准构件)照射测量光,算出激光干涉仪到反射镜的距离,且基于所算出的距离与从干涉仪射出测量光的方向(即,反射镜相对于干涉仪的方向)算出反射镜的位置(即,主轴111的位置),由此算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时从配置在载台141上的多个激光干涉仪对组装在主轴111上的反射镜(逆反射器)照射测量光,算出多个激光干涉仪各自到反射镜的距离,且基于所算出的距离算出反射镜的位置(即主轴111的位置),由此算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举由国际标准化组织(International Organization for Standard, ISO) 10791-6制定的使用球杆仪(ballbar)算出机床的运动精度的方法。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过对使加工头11及载台141中的至少一者移动的空间的三维栅格的对角线进行激光测距,算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举代替所述球杆仪而使用三轴变位仪的R-test。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时利用组装在主轴111上的接触式探针对配置在载台141上的基准球进行测量,由此算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。作为其他移动误差算出方法的一例,可列举如下方法:通过使加工头11及载台141中的至少一者移动,同时利用机床1对测试样品进行加工,并对测试样品的加工痕迹进行测量,由此算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。在此段落中说明的这些移动误差算出方法大体分为:通过算出移动的加工头11(主轴111)的位置来算出移动误差的方法、通过算出移动的载台141(典型而言为配置在载台141上的基准)的位置来算出移动误差的方法、以及在不算出加工头11(主轴111)及载台141(典型而言为配置在载台141上的基准)的位置的情况下算出移动误差的方法。但是,也可使用与此处例示的移动误差算出方法不同的移动误差算出方法来算出移动误差。

[0474] 此外,在后述的第二变形例至第十四变形例中的至少一个中,同样地,测量系统2也可使用如下的方法、即与使用组装在加工头11(特别是主轴111)上的测量头22算出测量误差的一种移动误差算出方法不同的其他移动误差算出方法,算出加工头11及载台141中的至少一者的移动中产生的移动误差。

[0475] (4-2) 第二变形例

[0476] 第二变形例中的加工系统SYS也可通过以下所示的方法算出移动误差。具体而言,在所述第一变形例中,测量控制装置24基于通过在载台141上载置有工件W的第二状况下进行的第一移动误差算出动作算出的第一空间SP1中产生的移动误差,算出了第二空间SP2中产生的移动误差。另一方面,在第二变形例中,测量控制装置24也可在通过在载台141上载置有工件W的第二状况下进行的第一移动误差算出动作算出的第一空间SP1中产生的移动误差的基础上,基于通过在载台141上未载置工件W的第一状况下进行的第一移动误差算出动作算出的移动误差,算出在载台141上载置有工件W的第二状况下第二空间SP2中产生的移动误差。即,第二变形例使用通过在载台141上未载置工件W的第一状况下进行的第一移动误差算出动作算出的移动误差,就此方面而言,也可与第一变形例不同。第二变形例的其他特征可与第一变形例的其他特征相同。以下,对第二变形例进一步进行说明。

[0477] 图32的(a)示出在载台141上未载置工件W的第一状况下的测量头22。在所述情况下,测量头22可进入未载置工件W的载台141的上方的第三空间SP3。第三空间SP3也可包含空间SP32,所述空间SP32对应于在载置有工件W的第二状况下由工件W占据的所述第二空间SP2。此外,空间SP32可为与第二空间SP2相同的空间,也可为与第二空间SP2部分重叠的空间。第三空间SP3也可包含空间SP31,所述空间SP31对应于在载置有工件W的第二状况下未由工件W占据的所述第一空间SP1。此外,空间SP31可为与第一空间SP1相同的空间,也可为与第一空间SP1部分重叠的空间。

[0478] 在所述情况下,测量控制装置24也可通过在载台141上未载置工件W的第一状况下进行所述第一移动误差算出动作,算出第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差。即,测量控制装置24也可通过在载台141上未载置工件W、且测量头22位于第三空间SP3的第一状况下进行所述第一移动误差算出动作,算出在第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差。例如,测量控制装置24也可通过在载台141上未载置工件W且测量头22位于空间SP31的第一状况下进行所述第一移动误差算出动作,算出空间SP31的至少一部分空间中产生的移动误差。但是,测量控制装置24也可不在载台141上未载置工件W且测量头22位于空间SP31的第一状况下进行所述第一移动误差算出动作。例如,测量控制装置24也可通过在载台141上未载置工件W且测量头22位于空间SP32的至少一部分空间的第一状况下进行所述第一移动误差算出动作,算出空间SP32的至少一部分空间中产生的移动误差。但是,测量控制装置24也可不在载台141上未载置工件W且测量头22位于空间SP32的第一状况下进行所述第一移动误差算出动作。其结果,测量控制装置24算出空间SP31的至少一部分空间及空间SP32的至少一部分空间中的至少一者中产生的移动误差,作为第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0479] 另一方面,图32的(b)示出在载台141上载置有工件W的第二状况下的测量头22。在所述情况下,测量控制装置24也可通过在载台141上载置有工件W的第二状况下进行所述第一移动误差算出动作,算出第一空间SP1中产生的移动误差。即,测量控制装置24也可通过

在载台141上载置有工件W且测量头22位于第一空间SP1的第二状况下进行所述第一移动误差算出动作,算出第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0480] 此外,在第一状况下进行第一移动误差算出动作时,由于在载台141上未载置工件W,因此测量头22对载置在载台141上的至少四个(或N个)基准构件FM照射测量光ML。另一方面,在第二状况下进行第一移动误差算出动作时,由于在载台141上载置有工件W,因此测量头22对载置在载台141及工件W中的至少一者上的至少四个(或N个)基准构件FM照射测量光ML。在所述情况下,在第一状况下被照射测量光ML的至少四个基准构件FM可与在第二状况下被照射测量光ML的至少四个基准构件FM相同。或者,在第一状况下被照射测量光ML的至少四个基准构件FM中的至少一个也可与在第二状况下被照射测量光ML的至少四个基准构件FM中的至少一个不同

[0481] 然后,测量控制装置24可基于第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差、与第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差,算出(在所述情况下,推定)在载台141上载置有工件W的第二状况下第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。例如,测量控制装置24也可基于第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差、与第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差,推定在第一状况下产生的移动误差与在第二状况下产生的移动误差之间的差异的倾向,并基于所述差异的倾向对第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差进行转换,由此算出在第二状况下第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。作为一例,测量控制装置24可通过比较第三空间SP3中的空间SP31的至少一部分空间中产生的移动误差、与第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差,推定在第一状况下产生的移动误差与在第二状况下产生的移动误差之间的差异的倾向,并基于所述差异的倾向对第三空间SP3中的空间SP32的至少一部分空间中产生的移动误差进行转换,由此算出在第二状况下第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。例如,测量控制装置24可算出用于将第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差转换为第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差的转换信息(例如转换矩阵或转换式),并使用所述转换信息对第三空间SP3的至少一部分空间中产生的移动误差进行转换,由此算出在第二状况下第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。作为一例,测量控制装置24可算出用于将第三空间SP3中的空间SP31的至少一部分空间中产生的移动误差转换为第一空间SP1的至少一部分空间中产生的移动误差的转换信息(例如转换矩阵或转换式),并使用所述转换信息对第三空间SP3中的空间SP32的至少一部分空间中产生的移动误差进行转换,由此算出在第二状况下第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。

[0482] 或者,测量控制装置24也可基于为了算出第一空间SP1的至少一部分空间及第三空间SP3的至少一部分空间中分别产生的移动误差而算出的第一空间SP1及第三空间SP3各自中的测量点MP的位置(即,测量头22的位置),算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。例如,测量控制装置24可基于第一空间SP1及第三空间SP3各自中的测量点MP的位置,算出(在所述情况下,推定)第二空间SP2中的测量点MP的位置(即,测量头22的位置)。然后,测量控制装置24可基于第二空间SP2中的测量点MP的位置,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差。或者,测量控制装置24也可基于第一空间SP1及第三空间SP3各自中的测量点MP的位置,在不算出第二空间SP2中的测量点MP的位置的情况下或在算出第二空间SP2中的测量点MP的位置的基础上,算出第二空间SP2的至少一部分空间中产

生的移动误差。或者,测量控制装置24也可基于第一空间SP1及第三空间SP3各自中的测量点MP的位置,在不算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的情况下或在算出第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的基础上,生成用于修正第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的误差修正信息。或者,如上所述,测量控制装置24也可在算出第一空间SP1的至少一部分空间及第三空间SP3的至少一部分空间中分别产生的移动误差之后,进一步生成用于修正第一空间SP1的至少一部分空间及第三空间SP3的至少一部分空间中分别产生的移动误差的误差修正信息。然后,测量控制装置24可基于用于修正第一空间SP1的至少一部分空间及第三空间SP3的至少一部分空间中分别产生的移动误差的误差修正信息,生成用于修正第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差的误差修正信息。在任一情况下,可生成与在第二状况下无法使测量头22进入的第二空间SP2的至少一部分空间中产生的移动误差相关的信息或用于修正所述移动误差的误差修正信息的情况均不会改变。

[0483] 如此,在第二变形例中,与第一变形例同样地,测量控制装置24可算出在载台141上载置有工件W的第二状况下无法使测量头22进入的第二空间SP2中产生的移动误差。特别是,在第二变形例中,测量控制装置24可也使用在载台141上未载置工件W的第一状况下第三空间SP3中产生的移动误差,算出在第二状况下第二空间SP2中产生的移动误差。因此,与在不使用在第一状况下第三空间SP3中产生的移动误差的情况下算出在第二状况下第二空间SP2中产生的移动误差的情况相比,可进一步精度良好地算出在第二状况下第二空间SP2中产生的移动误差。

[0484] (4-3) 第三变形例

[0485] 第三变形例中的加工系统SYS(特别是测量系统2)也可进行用于算出工件W的位置的工件位置算出动作。典型而言,测量系统2也可与所述移动误差算出动作并行地进行用于算出工件W的位置的工件位置算出动作。但是,测量系统2也可在进行了所述移动误差算出动作之后,进行用于算出工件W的位置的工件位置算出动作。

[0486] 此外,如后所述,测量系统2可通过进行工件位置算出动作,在工件W的位置的基础上或代替其而算出工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个。因此,工件位置算出动作也可视为算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个的动作。

[0487] 为了进行工件位置算出动作,在第三变形例中,至少一个基准构件FM配置在载台141上所载置的工件W上。在所述情况下,在所述移动误差算出动作中包含于测量头22的测量范围中的至少N个基准构件FM也可包含配置在工件W上的至少一个基准构件FM。即,在所述移动误差算出动作中包含于测量头22的测量范围中的至少N个基准构件FM也可包含为了进行工件位置算出动作而配置在工件W上的至少一个基准构件FM。其结果,通过所述移动误差算出动作,测量头22使用光检测器2226接收来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL。即,加工系统SYS可与移动误差算出动作并行地进行工件位置算出动作。

[0488] 然后,测量控制装置24可基于来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置有所述基准构件FM的工件W的位置。例如,在与所述移动误差算出动作并行地进行工件位置算出动作的情况下,在所述移动误差算出动作中,测量控制装置24基于来自至少N个基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出至少N个基准构件FM的位置。在所述情况下,测量控制装置24也可基于通过移动误差算出动作算出的、配置在工件W上的至少一

个基准构件FM的位置,算出工件W的位置。

[0489] 或者,在进行了所述移动误差算出动作之后进行工件位置算出动作的情况下,在工件位置算出动作中,加工头11及载台141也可在移动误差经修正的状态下移动。其结果,对配置在工件W上的基准构件FM照射测量光ML的测量头22在机械坐标系中的准确位置对于测量控制装置24而言为已知信息。在所述情况下,测量控制装置24也可在不使用移动误差算出动作中使用的多边测量的原理的情况下,基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置在工件W上的基准构件FM的位置。测量控制装置24也可在不使用移动误差算出动作中算出的基准构件FM的位置的情况下,基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,重新算出配置在工件W上的基准构件FM的位置。具体而言,如参照图8所说明的那样,测量控制装置24可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出测量头22与配置在工件W上的基准构件FM之间的距离,基于与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出从测量头22射出测量光ML的方向作为基准构件FM相对于测量头22的方向,并基于所算出的测量头22与基准构件FM之间的距离、所算出的基准构件FM相对于测量头22的方向及测量头22在机械坐标系中的位置,算出配置在工件W上的至少一个基准构件FM的位置。然后,测量控制装置24可基于配置在工件W上的至少一个基准构件FM的位置算出工件W的位置。

[0490] 但是,即使在进行了移动误差算出动作之后进行工件位置算出动作的情况下,测量控制装置24也可使用移动误差算出动作中算出的、配置在工件W上的基准构件FM的位置算出工件W的位置。另外,即使在与移动误差算出动作并行地进行工件位置算出动作的情况下,测量控制装置24也可在不使用移动误差算出动作中算出的基准构件FM的位置的情况下,基于来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,重新算出配置在工件W上的基准构件FM的位置。

[0491] 此外,在进行了移动误差算出动作之后为了算出工件W的位置而算出配置在工件W上的基准构件FM的位置的动作也可视为与如下的动作等效:基于通过移动误差算出动作生成的与移动误差相关的信息、及光检测器2226对来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置在工件W上的基准构件FM的位置。进而,由于与移动误差相关的信息可基于移动误差算出动作中来自测量光ML被算出的至少N个基准构件FM的返回光RL的受光结果而生成,因此在进行了移动误差算出动作之后为了算出工件W的位置而算出配置在工件W上的基准构件FM的位置的动作也可视为与如下的动作等效:基于移动误差算出动作中来自测量光ML被算出的至少N个基准构件FM的返回光RL的受光结果、及工件状态算出动作中来自被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置在工件W上的基准构件FM的位置。进而,由于与移动误差相关的信息可基于移动误差算出动作中所算出的测量点MP的位置(测量头22的位置)而生成,因此在进行了移动误差算出动作之后为了算出工件W的位置而算出配置在工件W上的基准构件FM的位置的动作也可视为与如下的动作等效:基于移动误差算出动作中所算出的测量点MP的位置(测量头22的位置)、及工件状态算出动作中来自被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置在工件W上的基准构件FM的位置。

[0492] 另外,在移动误差算出动作与工件位置算出动作并行地进行的情况下,测量控制装置24也可从通过移动误差算出动作所算出的至少N个基准构件FM的位置中提取配置在工件W上的至少一个基准构件FM的位置,并基于提取出的至少一个基准构件FM的位置算出工

件W的位置。在所述情况下,测量控制装置24也可在提取出的至少一个基准构件FM的位置的基础上,基于通过移动误差算出动作生成的与移动误差相关的信息来算出工件W的位置。例如,在提取出的至少一个基准构件FM的位置中包含由移动误差引起的误差成分的情况下,测量控制装置24可基于与移动误差相关的信息,对提取出的至少一个基准构件FM的位置进行修正,以使误差成分从提取出的至少一个基准构件FM的位置中消失,并基于修正后的至少一个基准构件FM的位置算出工件W的位置。但是,在提取出的至少一个基准构件FM的位置不包含由移动误差引起的误差成分的情况下,测量控制装置24也可在不使用与移动误差相关的信息的情况下,基于提取出的至少一个基准构件FM的位置算出工件W的位置。

[0493] 在工件W上配置有多个基准构件FM的情况下,测量控制装置24也可基于来自多个基准构件FM中的任意一个的返回光RL的受光结果,算出多个基准构件FM中的任意一个的位置,并基于多个基准构件FM中的任意一个的位置算出工件W的位置。或者,测量控制装置24也可基于来自多个基准构件FM中的至少两个的返回光RL的受光结果,算出多个基准构件FM中的至少两个的位置,并基于多个基准构件FM中的至少两个的位置算出工件W的位置。或者,测量控制装置24也可基于来自多个基准构件FM中的至少三个的返回光RL的受光结果,算出多个基准构件FM中的至少三个的位置,并基于多个基准构件FM中的至少三个的位置算出工件W的位置。

[0494] 在本实施方式中,特别是为了基于配置在工件W上的基准构件FM的位置算出工件W的位置,配置在工件W上的基准构件FM也可包括配置在工件W的基准要素上的基准构件FM。即,至少一个基准构件FM也可配置在工件W的基准要素DT上。此外,工件W的基准要素DT是作为工件W的基准的部位。此外,工件W的基准要素DT也可以说是作为用于对工件W进行加工的基准的部位。此外,工件W的基准要素DT也可以说是作为用于对工件W进行测量的基准的部位。

[0495] 在所述情况下,测量控制装置24可基于来自配置在基准要素DT上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置在基准要素DT上的基准构件FM的位置。然后,测量控制装置24可基于配置在基准要素DT上的基准构件FM的位置,算出基准要素DT的位置作为工件W的位置。

[0496] 作为工件W的基准要素DT的一例,可列举表示作为工件W的基准的点的基准要素点DTp。在所述情况下,如图33的(a)及图33的(b)所示,至少一个基准构件FM也可配置在与工件W的至少一个基准要素点DTp具有规定的位置关系的位置。此外,图33的(a)及图33的(b)示出至少两个基准构件FM配置在与工件W的上表面所设定的至少两个基准要素点DTp具有规定的位置关系的至少两个位置的例子。

[0497] “基准构件FM与基准要素点DTp具有规定的位置关系”的状态可包含“基准构件FM配置在基准要素点DTp上”的状态。“基准构件FM与基准要素点DTp具有规定的位置关系”的状态也可包含“将基准构件FM配置为基准构件FM的位置与基准要素点DTp的位置一致”的状态。“基准构件FM与基准要素点DTp具有规定的位置关系”的状态还可包含“虽然基准构件FM未配置在基准要素点DTp上,但能够根据基准构件FM的位置算出基准要素点DTp的位置”的状态。此外,与基准构件FM和基准要素点DTp的位置关系相关的信息对于测量控制装置24而言为已知信息。

[0498] 在所述情况下,测量控制装置24可基于来自与基准要素点DTp具有规定的位置关

系的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出基准要素点DTp的位置。例如,测量控制装置24可基于来自与基准要素点DTp具有规定的位置关系的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出与基准要素点DTp具有规定的位置关系的基准构件FM的位置。然后,测量控制装置24可基于与基准要素点DTp具有规定的位置关系的基准构件FM的位置,算出工件W的基准要素点DTp的位置。

[0499] 此处,在图33的(a)及图33的(b)所示的例子中,配置在基准要素点DTp上的基准构件FM的位置与基准要素点DTp的位置不一致。具体而言,图33的(a)及图33的(b)示出基准构件FM为球(例如球透镜)的例子。在所述情况下,测量控制装置24可算出作为基准构件FM的球的中心fmc的位置作为基准构件FM的位置。另一方面,在图33的(a)及图33的(b)所示的例子中,起因于基准构件FM的尺寸及对基准构件FM进行支撑的支撑构件的尺寸等,作为基准构件FM的球的中心fmc的位置与基准要素点DTp的位置不一致。然而,与基准构件FM和基准要素点DTp的位置关系相关的信息对于测量控制装置24而言为已知信息。在所述情况下,测量控制装置24可基于与基准构件FM和基准要素点DTp的位置关系相关的信息、及基准构件FM的位置,算出基准要素点DTp的位置。例如,测量控制装置24可通过对基准构件FM的位置加上基准构件FM的位置与基准要素点DTp的位置的差值diff,算出基准要素点DTp的位置。但是,在基准构件FM的位置与基准要素点DTp的位置一致的情况下,基准构件FM的位置也可直接用作基准要素点DTp的位置。

[0500] 作为工件W的基准要素DT的一例,可列举表示作为工件W的基准的面的基准要素面DTs。在所述情况下,如图34的(a)及图34的(b)所示,至少一个基准构件FM可配置在与工件W的基准要素面DTs具有规定的位置关系的位置。特别是,如图34的(a)及图34的(b)所示,至少三个基准构件FM可配置在与工件W的基准要素面DTs具有规定的位置关系的位置。此外,图34的(a)及图34的(b)示出工件W的侧面被设定为基准要素面DTs的例子。

[0501] “基准构件FM与基准要素面DTs具有规定的位置关系”的状态可包含“基准构件FM配置在基准要素面DTs上”的状态。“基准构件FM与基准要素面DTs具有规定的位置关系”的状态也可包含“将基准构件FM配置为基准构件FM的位置与基准要素面DTs内的位置一致”的状态。“基准构件FM与基准要素面DTs具有规定的位置关系”的状态还可包含“虽然基准构件FM不配置在基准要素面DTs上,但能够根据基准构件FM的位置算出基准要素面DTs的位置”的状态。此外,与基准构件FM和基准要素面DTs的位置关系相关的信息对于测量控制装置24而言为已知信息。

[0502] 在所述情况下,测量控制装置24可基于来自配置在基准要素面DTs上的至少三个基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出基准要素面DTs的位置。例如,测量控制装置24可基于来自配置在基准要素面DTs上的至少三个基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出配置在基准要素面DTs上的至少三个基准构件FM的位置。然后,测量控制装置24可基于配置在基准要素面DTs上的至少三个基准构件FM的位置,算出工件W的基准要素面DTs的位置。例如,测量控制装置24也可基于配置在基准要素面DTs上的至少三个基准构件FM的位置,确定包括(换句话说,通过)至少三个基准构件FM的位置的假想面VP,并算出所述假想面VP的位置作为工件W的基准要素面DTs的位置。

[0503] 此外,在图34的(a)及图34的(b)所示的例子中,也与图33的(a)及图33的(b)所示的例子同样地,在配置在基准要素面DTs上的至少三个基准构件FM的位置与基准要素面DTs

的位置不一致的情况下,测量控制装置24也可基于与基准构件FM和基准要素面DTs的位置关系相关的信息、及至少三个基准构件FM的位置,算出基准要素面DTs的位置。例如,测量控制装置可通过对包括至少三个基准构件FM的位置的假想面VP的位置加上至少三个基准构件FM的位置与基准要素面DTs的位置的差值diff,算出基准要素面DTs的位置。但是,在基准构件FM的位置与基准要素面DTs的位置一致的情况下,包括至少三个基准构件FM的位置的假想面VP的位置也可直接用作基准要素面DTs的位置。

[0504] 测量控制装置24可基于基准要素DT的位置算出工件W的位置。

[0505] 例如,如图35的(a)所示,测量控制装置24可基于将至少两个基准要素点DTp连结的基准要素轴DTa算出工件W的位置。例如,测量控制装置24也可算出基准要素轴DTa的位置作为工件W的位置。例如,测量控制装置24也可算出与基准要素轴DTa交叉的方向上的基准要素轴DTa的位置,作为与基准要素轴DTa交叉的方向上的工件W的位置。在图35的(a)所示的例子中,能够生成将沿着X轴方向排列的两个基准要素点DTp连结的基准要素轴DTax、与将沿着Y轴方向排列的两个基准要素点DTp连结的基准要素轴DTay。在所述情况下,测量控制装置24可算出与基准要素轴DTax交叉的Y轴方向上的基准要素轴DTax的位置作为Y轴方向上的工件W的位置,并算出与基准要素轴DTay交叉的X轴方向上的基准要素轴DTay的位置作为X轴方向上的工件W的位置。或者,测量控制装置24也可通过算出基准要素轴DTa相对于基准位置BP的位移量来算出工件W的位置。特别是,测量控制装置24也可通过算出与基准要素轴DTa交叉的方向上的基准要素轴DTa相对于基准位置BP的位移量,算出与基准要素轴DTa交叉的方向上的工件W的位置。例如,测量控制装置24可通过算出与基准要素轴DTax交叉的Y轴方向上的基准要素轴DTax相对于基准位置BP的位移量 $\Delta DTax$,算出Y轴方向上的工件W的位置。例如,测量控制装置24可通过算出与基准要素轴DTay交叉的X轴方向上的基准要素轴DTay相对于基准位置BP的位移量 $\Delta DTay$,算出X轴方向上的工件W的位置。

[0506] 例如,如图35的(b)所示,测量控制装置24可基于基准要素面DTs算出工件W的位置。例如,测量控制装置24也可算出基准要素面DTs的位置作为工件W的位置。例如,测量控制装置24也可算出与基准要素面DTs交叉的方向上的基准要素面DTs的位置,作为与基准要素面DTs交叉的方向上的工件W的位置。在图35的(b)所示的例子中,基准要素面DTs与X轴交叉,因此测量控制装置24可算出X轴方向上的基准要素面DTs的位置作为X轴方向上的工件W的位置。或者,测量控制装置24也可通过算出基准要素面DTs相对于基准位置BP的位移量而算出工件W的位置。特别是,测量控制装置24可通过算出与基准要素面DTs交叉的方向上的基准要素面DTs相对于基准位置BP的偏移量,算出与基准要素面DTs交叉的方向上的工件W的位置。例如,测量控制装置24可通过算出与基准要素面DTs交叉的X轴方向上的基准要素面DTs相对于基准位置BP的位移量 ΔDTs ,算出X轴方向上的工件W的位置。

[0507] 测量控制装置24也可基于基准要素DT的位置算出工件W的姿势。

[0508] 例如,如图36的(a)所示,测量控制装置24可基于基准要素轴DTa相对于机械坐标系的X轴、Y轴及Z轴分别所成的角度(旋转量),算出工件W的姿势。在图36的(a)所示的例子中,测量控制装置24能够生成在工件W的姿势为基准姿势的状况下成为沿着XY平面的轴的基准要素轴DTay。在所述情况下,测量控制装置24可算出基准要素轴DTay与X轴或Y轴所成的角度(旋转量)作为工件W绕Z轴的姿势。

[0509] 例如,如图36的(b)所示,测量控制装置24也可基于基准要素面DTs相对于机械坐

标系的X轴、Y轴及Z轴分别所成的角度(旋转量)算出工件W的姿势。在图36的(b)所示的例子中,基准要素面DTs是在工件W的姿势为基准姿势的状况下与X轴正交的面。在所述情况下,测量控制装置24也可算出基准要素面DTs与X轴或Y轴所成的角度(旋转量)作为工件W绕Z轴的姿势。

[0510] 测量控制装置24可基于基准要素DT的位置算出工件W的尺寸。例如,如图37所示,测量控制装置24可基于两个基准要素点DTp的位置算出工件W的尺寸。具体而言,测量控制装置24可基于两个基准要素点DTp的位置算出两个基准要素点DTp之间的距离。然后,测量控制装置24可基于两个基准要素点DTp之间的距离的算出结果与基准距离,算出工件W的膨胀率。工件W的膨胀率可为两个基准要素点DTp之间的距离的算出结果相对于基准距离的比率。然后,测量控制装置24可基于工件W的膨胀率与工件W的基准尺寸算出工件W的尺寸。例如,测量控制装置24可算出通过使工件W的膨胀率与工件W的基准尺寸相乘而得的值作为工件W的尺寸。此外,作为工件W膨胀的原因之一,可列举传递给工件W的热。因此,膨胀率也可视为热膨胀率。

[0511] 在图37所示的例子中,测量控制装置24可算出沿着X轴方向排列的两个基准要素点DTp之间的距离 D_x ,并基于距离 D_x 与基准距离 D_{x0} ,算出X轴方向上的工件W的膨胀率。然后,测量控制装置24可基于X轴方向上的工件W的膨胀率与X轴方向上的工件W的基准尺寸,算出X轴方向上的工件W的尺寸。同样地,测量控制装置24也可算出沿着Y轴方向排列的两个基准要素点DTp之间的距离 D_y ,并基于距离 D_y 与基准距离 D_{y0} ,算出Y轴方向上的工件W的膨胀率。然后,测量控制装置24可基于Y轴方向上的工件W的膨胀率与Y轴方向上的工件W的基准尺寸,算出Y轴方向上的工件W的尺寸。

[0512] 此外,测量控制装置24也可在不算出基准要素DT的位置的情况下,基于配置在基准要素DT上或配置在与基准要素DT不同的工件W的任意部位的基准构件FM的位置,算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个。测量控制装置24也可在不算出基准要素DT的位置的情况下,基于来自配置在基准要素DT上或配置在与基准要素DT不同的工件W的任意部位的基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个。测量控制装置24也可在不算出基准要素DT的位置的情况下,基于测量头22与配置在工件W的任意部位的基准构件FM之间的距离,算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个。

[0513] 测量控制装置24也可通过在不同的两个时刻分别算出工件W的位置,算出在不同的两个时刻之间的工件W的位置的变化。测量控制装置24也可通过在不同的两个时刻分别算出工件W的基准要素DT的位置,算出在不同的两个时刻之间的工件W的基准要素DT的位置的变化。测量控制装置24也可通过在不同的两个时刻分别算出工件W的姿势,算出在不同的两个时刻之间的工件W的姿势的变化。测量控制装置24也可通过在不同的两个时刻分别算出工件W的尺寸,算出在不同的两个时刻之间的工件W的尺寸的变化。

[0514] 在算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个之后,测量控制装置24也可基于表示工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的算出结果的工件位置算出信息,生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,作为用于对机床1进行控制的信息,所述加工路线表示机床1对工件W的加工路径。在所述情况下,测量控制装置24可生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,使得即使在所算出的工件W的位置与期望位置不同的情况下,也以与工件W的

位置为期望位置的情况相同的方式对工件W进行加工。测量控制装置24也可生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,使得即使在所算出的工件W的姿势与期望姿势不同的情况下,也以与工件W的姿势为期望姿势的情况相同的方式对工件W进行加工。测量控制装置24也可生成用于修正加工路线的加工路线修正信息,使得即使在所算出的工件W的尺寸与期望尺寸不同的情况下,也以与工件W的尺寸为期望尺寸的情况相同的方式对工件W进行加工。机床1的加工控制装置16也可基于加工路线修正信息来修正加工路线。或者,测量控制装置24也可对加工路线进行修正,并将修正后的加工路线作为用于对机床1进行控制的信息而输出到加工控制装置16。其结果,即使在工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个不处于期望状态的情况下,机床1也可以与工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个处于期望状态的情况相同的方式对工件W进行加工。

[0515] 在算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个之后,测量控制装置24也可基于表示工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的算出结果的工件位置算出信息,生成用于修正测量路线的测量路线修正信息,所述测量路线表示测量系统2对工件W的测量路径。在所述情况下,测量控制装置24可生成用于修正测量路线的测量路线修正信息,使得即使在所算出的工件W的位置与期望位置不同的情况下,也以与工件W的位置为期望位置的情况相同的方式对工件W进行测量。测量控制装置24也可生成用于修正测量路线的测量路线修正信息,使得即使在所算出的工件W的姿势与期望姿势不同的情况下,也以与工件W的姿势为期望姿势的情况相同的方式对工件W进行测量。测量控制装置24也可生成用于修正测量路线的测量路线修正信息,使得即使在所算出的工件W的尺寸与期望尺寸不同的情况下,也以与工件W的尺寸为期望尺寸的情况相同的方式对工件W进行测量。机床1的加工控制装置16也可基于测量路线修正信息来修正测量路线。或者,测量控制装置24也可对测量路线进行修正,并将修正后的测量路线作为用于对机床1进行控制的信息而输出到加工控制装置16。其结果,即使在工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个不处于期望状态的情况下,机床1也可以与工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个处于期望状态的情况相同的方式使加工头11及载台141中的至少一者移动。其结果,即使在工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个不处于期望状态的情况下,测量系统2也可以与工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个处于期望状态的情况相同的方式对工件W进行测量。

[0516] 此外,由于工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个可基于来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出,因此基于工件位置算出信息来生成加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者的动作也可视为与如下的动作等效:基于来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,生成加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者。或者,根据情况,测量控制装置24也可基于来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,在不算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的情况下,生成加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者。

[0517] 测量控制装置24也可在加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者的基础上或代替其,而将表示工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的算出结果的工件位置算出信息作为用于对机床1进行控制的信息,输出到加工控制装置16。在所述情况下,加工控制装置16也可基于工件位置算出信息生成加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者。加工控制装置16也可基于工件位置算出信息,来修正加工路线及测量路线中的

至少一者。

[0518] 测量控制装置24也可在加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者的基础上或代替其,而将用于算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的与基准构件FM的位置相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息,输出到加工控制装置16。在所述情况下,加工控制装置16可基于与基准构件FM的位置相关的信息,算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个。此外,测量控制装置24在将与基准构件FM的位置相关的信息输出到加工控制装置16的情况下,也可不基于与基准构件FM的位置相关的信息算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个。然后,加工控制装置16也可基于表示工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的算出结果的工件位置算出信息,生成加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者。加工控制装置16也可基于工件位置算出信息,来修正加工路线及测量路线中的至少一者。

[0519] 测量控制装置24也可在加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者的基础上或代替其,而将用于算出基准构件FM的位置的与来自基准构件FM的返回光RL的受光结果相关的信息作为用于对机床1进行控制的信息,输出到加工控制装置16。在所述情况下,加工控制装置16也可基于与来自基准构件FM的返回光RL的受光结果相关的信息,算出基准构件FM的位置。然后,加工控制装置16可基于与基准构件FM的位置相关的信息,算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个。此外,测量控制装置24在将与来自基准构件FM的返回光RL的受光结果相关的信息输出到加工控制装置16的情况下,也可不基于与来自基准构件FM的返回光RL的受光结果相关的信息,算出工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个。然后,加工控制装置16也可基于表示工件W的位置、姿势及尺寸中的至少一个的算出结果的工件位置算出信息,生成加工路线修正信息及测量路线修正信息中的至少一者。加工控制装置16也可基于工件位置算出信息,来修正加工路线及测量路线中的至少一者。

[0520] 此外,在工件W不包括基准要素DT的情况(在工件W上未形成基准要素DT的状况下的情况)下,测量系统2也可在载台141上载置了工件W的状况下进行所述移动误差算出动作。此时,测量系统2也可基于来自配置在与基准要素DT不同的工件W的部位的基准构件FM的返回光RL的受光结果,暂定算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个。测量系统2也可基于工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个的暂定算出结果,生成用于对机床1进行控制的信息。然后,机床1可对工件W进行加工以在工件W上形成基准要素DT。然后,在工件W上所形成的基准要素DT上可配置至少一个基准构件FM。然后,测量系统2也可基于来自机床1形成的基准要素DT上的基准构件FM的返回光RL的受光结果,进行工件位置算出动作。

[0521] 另外,测量系统2也可在来自配置在工件W上的基准构件FM的返回光RL的受光结果的基础上或代替其,而基于来自工件W的特征点的返回光RL的受光结果,进行工件位置算出动作。即,工件W的特征点也可用作配置在工件W上的基准构件FM。在所述情况下,测量系统2也可在配置在工件W上的基准构件FM的基础上或代替其,而对工件W其本身照射测量光ML。其结果,即使在工件W上未配置基准构件FM的情况下,测量系统2也可进行工件位置算出动作。

[0522] 工件W的特征点也可为满足如下条件的工件W的部位:工件W的特征点能够与特征点以外的工件W的部位区分开来。例如,工件W的特征点也可为满足如下条件的工件W的部

位:工件W的特征点的特性能够与特征点以外的工件W的部位的特性区分开来。作为工件W的特征点,也可使用可与工件W的其他区域区分开来的工件W的一个区域的顶点、角及边缘中的至少一个。作为工件W的特征点,也可使用可与工件W的其他区域区分开来的工件W的一个区域的边界。

[0523] 或者,测量系统2也可在来自工件W的特征点的返回光RL的受光结果的基础上或代替其,而基于来自工件W的任意部位的返回光RL的受光结果,进行工件位置算出动作。即,工件W的任意部位也可用作配置在工件W上的基准构件FM。在所述情况下,即使在工件W上未配置基准构件FM的情况下,测量系统2也可进行工件位置算出动作。

[0524] 测量系统2也可独立于移动误差算出动作,进行基于来自工件W的特征点(或任意部位)的返回光RL的受光结果的工件位置算出动作。例如,测量系统2也可在进行了移动误差算出动作之后,在机床1开始对工件W进行加工之前,基于来自工件W的特征点(或者任意部位)的返回光RL的受光结果,进行算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个的工件位置算出动作。

[0525] 此外,所述第一变形例至第二变形例的至少一个中的加工系统SYS也可进行第三变形例中记载的工件位置算出动作。即,也可使第一变形例至第二变形例中的至少一个与第三变形例组合。

[0526] (4-4) 第四变形例

[0527] 第四变形例的加工系统SYS能够在会聚光与平行光之间切换从测量头22射出的测量光ML。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将第四变形例的加工系统SYS称为加工系统SYS4。

[0528] 加工系统SYS4在进行所述移动误差算出动作的情况下,也可对基准构件FM照射作为平行光的测量光ML。其结果,如上所述,加工系统SYS4可在不受测量光ML的散焦的影响的情况下算出移动误差。出于同样的理由,加工系统SYS4也可在与所述移动误差算出动作并行地进行第三变形例的工件位置算出动作的情况下,对基准构件FM照射作为平行光的测量光ML。

[0529] 加工系统SYS4也可在与所述移动误差算出动作分开地进行第三变形例的工件位置算出动作的情况下,对基准构件FM照射作为会聚光的测量光ML。其原因在于,在与所述移动误差算出动作分开地进行第三变形例的工件位置算出动作的情况下,加工系统SYS4也可不在测量头22的测量范围中包含多个基准构件FM的状态下对多个基准构件FM的各个照射测量光ML。具体而言,加工系统SYS4也可在测量头22的测量范围中包含第一基准构件FM的状态下,对第一基准构件FM照射测量光ML,然后,使测量头22移动以使测量头22的测量范围中包含第二基准构件FM之后,对第二基准构件FM照射测量光ML。其结果,测量头22与被依次照射测量光ML的多个基准构件FM的各个之间的距离不会大幅变动。其结果,所述测量光ML的散焦的影响变小。因此,加工系统SYS4也可对配置在工件W上的基准构件FM照射作为会聚光的测量光ML。其结果,与使用作为平行光的测量光ML的情况相比,加工系统SYS4可精度良好地算出工件W的位置、工件W的姿势及工件W的尺寸中的至少一个。

[0530] 加工系统SYS4在对工件W的三维形状进行测量的情况下,也可对工件W照射作为会聚光的测量光ML。其原因在于,和与所述移动误差算出动作分开地进行第三变形例的工件位置算出动作的情况同样地,所述测量光ML的散焦的影响变小。因此,加工系统SYS4也可对

工件W照射作为会聚光的测量光ML。其结果,与使用作为平行光的测量光ML的情况相比,加工系统SYS4可精度良好地算出工件W的三维形状。但是,加工系统SYS4在对工件W的三维形状进行测量的情况下,也可对工件W照射作为平行光的测量光ML。

[0531] 以下,参照图38至图40,对此种第四变形例的加工系统SYS的一例进行说明。

[0532] 图38示出加工系统SYS4的第一具体例。如图38所示,加工系统SYS4的第一具体例与前述加工系统SYS相比的不同之处在于,在包括如上所述的那样能够射出作为平行光的测量光ML的测量头22的基础上,也可进一步包括能够射出作为会聚光的测量光ML的测量头22d-1。加工系统SYS4的第一具体例的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。在图39中示出测量头22d-1的结构的一例。如图39所示,测量头22d-1与测量头22相比的不同之处在于,包括光学系统222d-1来代替光学系统222。测量头22d-1的其他特征可与测量头22的其他特征相同。光学系统222d-1与光学系统222相比的不同之处在于,包括聚光光学系统2229d-1。光学系统222d-1的其他特征可与光学系统222的其他特征相同。此外,作为聚光光学系统2229d-1的一例,可列举f θ 透镜。

[0533] 聚光光学系统2229d-1配置在检流计镜2228与测量对象物之间的测量光ML的光路上。聚光光学系统2229d-1将从检流计镜2228射出的测量光ML聚光到规定的聚光面。聚光面例如也可设定在测量对象物的表面或其附近。其结果,测量头22d-1可对测量对象物(例如工件W及基准构件FM中的至少一个)照射作为会聚光的测量光ML。聚光光学系统2229d-1典型而言可具有有限的焦距。在对测量对象物照射作为会聚光的测量光ML的情况下,由于在测量对象物的表面中测量光ML形成的光斑的直径相对变小,因此具有测量精度相对变高的优点。

[0534] 聚光光学系统2229d-1也可作为测量对象物侧远心的光学系统。在所述情况下,即使在从聚光光学系统2229d-1射出的测量光ML的行进方向被检流计镜2228改变的情况下,从聚光光学系统2229d-1射出的测量光ML的行进方向也与聚光光学系统2229d-1的光轴平行。

[0535] 图40的(a)及图40的(b)示出加工系统SYS4的第二具体例。如图40的(a)及图40的(b)所示,加工系统SYS4的第二具体例与前述加工系统SYS相比的不同之处在于,可包括能够选择性地射出作为会聚光的测量光ML与作为平行光的测量光ML的测量头22d-2来代替测量头22。加工系统SYS4的第二具体例的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。如图40的(a)及图40的(b)所示,测量头22d-2与图39所示的测量头22d-1相比的不同之处在于,包括光学系统222d-2来代替光学系统222d-1。测量头22d-2的其他特征可与测量头22d-1的其他特征相同。光学系统222d-2与光学系统222d-1相比的不同之处在于,包括聚光光学系统2229d-2。光学系统222d-2的其他特征可与光学系统222d-1的其他特征相同。

[0536] 聚光光学系统2229d-2配置在聚光光学系统2229d-1与光检测器2226之间的测量光ML的光路上。在图40的(a)及图40的(b)所示的例子中,聚光光学系统2229d-2配置在分束器2224与反光镜2227之间的测量光ML的光路上。聚光光学系统2229d-2在聚光光学系统2229d-1的光检测器2226侧的焦点位置PP(或焦点位置PP的附近,以下相同)形成测量光ML的聚光位置。其结果,如图40的(a)所示,从聚光光学系统2229d-1射出作为平行光的测量光ML。

[0537] 聚光光学系统2229d-2可为相对于测量光ML的光路能够移动。具体而言,例如,测量头22d-2也可包括能够使聚光光学系统2229d-2移动的驱动系统24d-2。驱动系统24d-2也

可通过使聚光光学系统2229d-2移动,而相对于测量光ML的光路插入/移除聚光光学系统2229d-2。驱动系统24d-2也可通过使聚光光学系统2229d-2移动,而使聚光光学系统2229d-2的状态在聚光光学系统2229d-2位于测量光ML的光路上的状态(参照图40的(a))、与聚光光学系统2229d-2不位于测量光ML的光路上的状态(参照图40的(b))之间切换。

[0538] 在聚光光学系统2229d-2位于测量光ML的光路上的情况下,如图40的(a)所示,从聚光光学系统2229d-1射出的测量光ML成为平行光。即,测量头22d-1也可经由包含聚光光学系统2229d-1及聚光光学系统2229d-2两者的光学系统,对测量对象物照射作为平行光的测量光ML。另一方面,在聚光光学系统2229d-2不位于测量光ML的光路上的情况下,如图40的(b)所示,从聚光光学系统2229d-1射出的测量光ML成为会聚光。即,测量头22d-1也可经由包含聚光光学系统2229d-1且另一方面不包含聚光光学系统2229d-2的光学系统,对测量对象物照射作为会聚光的测量光ML。其结果,测量头22d-2可选择性地射出作为会聚光的测量光ML与作为平行光的测量光ML。

[0539] 另外,聚光光学系统2229d-2也可作为能够变更其焦距的可变焦距光学系统。此种可变焦距光学系统也可称为变倍光学系统或变焦光学系统。在聚光光学系统2229d-1为可变焦距光学系统的情况下,在将其焦距设定为无限远时,聚光光学系统2229d-1的状态成为与图40的(b)所示的状态等效的状态,即从聚光光学系统2229d-1射出的测量光ML成为会聚光的状态。另一方面,在将可变焦距光学系统的焦距设定为有限的焦距时,聚光光学系统2229d-1的状态成为与图40的(a)所示的状态等效的状态,即从聚光光学系统2229d-1射出的测量光ML成为平行光的状态。

[0540] 此外,所述第一变形例至第三变形例的至少一个中的加工系统SYS也可与第四变形例中的加工系统SYS同样地,使从测量头22射出的测量光ML能够在会聚光与平行光之间切换。即,也可使第一变形例至第三变形例中的至少一个与第四变形例组合。

[0541] (4-5) 第五变形例

[0542] 第五变形例中的加工系统SYS也可通过以下所示的方法算出移动误差。具体而言,在上述说明中,测量控制装置24为了在所述第一移动误差算出动作中算出测量点MP的位置,使用多边测量的原理。另一方面,在第五变形例中,测量控制装置24为了在所述第一移动误差算出动作中算出测量点MP的位置,也可不使用多边测量的原理。以下,主要说明第五变形例特有的动作。因此,在无特别说明的情况下,也可进行与所述第一移动误差算出动作同样的动作。

[0543] 具体而言,如图41的(a)及图41的(b)所示,在第五变形例中,测量头22也在所述图12的步骤S106中对基准构件FM照射测量光ML,并接收来自基准构件FM的返回光RL。然后,测量控制装置24基于接收来自基准构件FM的返回光RL,算出测量头22至基准构件FM的距离L。在第五变形例中,测量控制装置24进而基于检流计镜2228的驱动状态,算出从测量头22射出测量光ML的方向。在图41的(a)及图41的(b)所示的例子中,测量控制装置24可基于与检流计镜2228的驱动状态相关的信息,算出表示从测量头22射出测量光ML的方向的方位角 θ 。此外,在图41的(a)及图41的(b)所示的例子中,作为方位角 θ ,使用沿着从测量头22射出测量光ML的方向延伸的光指向轴OX相对于通过测量头22的基准点FP的铅垂方向的铅垂轴VX所成的角度。进而,在第五变形例中,机械坐标系中的基准构件FM的位置(X_t, Y_t, Z_t)对于测量控制装置24而言为已知信息。

[0544] 然后,测量控制装置24基于距离 L 、方位角 θ (特别是方位角 θ_x 及方位角 θ_y)、以及基准构件FM的位置(X_t, Y_t, Z_t),算出测量头22的位置(即,测量点MP的位置)。例如,测量控制装置24也可使用数式“ $X_p = X_t + L \times \sin\theta_x$ ”算出机械坐标系的X轴方向上的测量点MP的位置 X_p 。例如,测量控制装置24也可使用数式“ $Y_p = Y_t + L \times \sin\theta_y$ ”算出机械坐标系的Y轴方向上的测量点MP的位置 Y_p 。例如,测量控制装置24也可使用数式“ $Z_p = Z_t + L \times \cos\theta_z$ ”算出机械坐标系的Z轴方向上的测量点MP的位置 Z_p 。此外,在第五变形例中,测量控制装置24也可未必使用测量坐标系。

[0545] 测量控制装置24使加工头11及载台141中的至少一者移动(图12的步骤S108),同时反复进行同样的动作。此外,在载台141移动的情况下,基准构件FM随着载台141的移动而移动。在所述情况下,测量控制装置24也可对作为已知信息的基准构件FM的位置(X_t, Y_t, Z_t)适宜加上载台141的移动量,然后算出测量点MP的位置(X_p, Y_p, Z_p)。其结果,在第五变形例中,也与所述第一移动误差算出动作同样地,算出多个测量点MP的位置(即,测量头22的实际位置)。其结果,在第五变形例中,也与所述第一移动误差算出动作同样地,能够算出移动误差。

[0546] 除此之外,在第五变形例中,也可不使用多边测量的原理来算出移动误差,因此,为了算出移动误差而被照射测量光ML的基准构件FM的数量也可四个以下。因此,能够降低与配置在基准构件FM相关的成本。

[0547] 典型而言,在第五变形例中,测量控制装置24可基于来自一个基准构件FM的返回光RL的受光结果来算出移动误差。因此,能够进一步降低与配置在基准构件FM相关的成本。

[0548] 另外,在第五变形例中,为了算出移动误差而被照射测量光ML的基准构件FM也可配置在工件W上。即,测量头22也可对配置在工件W上的基准构件FM照射测量光ML。在所述情况下,测量头22可在载台141上载置了工件W的状态下,对基准构件FM照射测量光ML。因此,与在载台141上未载置工件W的状态下测量头22对基准构件FM照射测量光ML的情况相比,测量头22可在与机床1实际对工件W进行加工的环境更接近的环境下,对基准构件FM照射测量光ML。因此,基于在工件W载置在载台141上的状态下被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出的移动误差,与基于在工件W未载置在载台141上的状态下被照射了测量光ML的基准构件FM的返回光RL的受光结果而算出的移动误差相比,接近在机床1实际对工件W进行加工的环境下产生的移动误差。因此,测量控制装置24可精度良好地算出移动误差。

[0549] 但是,为了算出移动误差而被照射测量光ML的基准构件FM也可配置在载台141上。即,测量头22也可对配置在载台141上的基准构件FM照射测量光ML。即使在所述情况下,测量控制装置24也可算出移动误差。

[0550] 为了算出移动误差,测量头22也可对多个基准构件FM照射测量光ML。在所述情况下,多个基准构件FM也可分别配置在载台141上所载置的工件W及载台141中的至少一者上。例如,也可在载台141上所载置的工件W上配置基准构件FM,且在载台141上也配置基准构件FM。例如,也可在工件W上配置基准构件FM,另一方面在载台141上不配置基准构件FM。例如,也可在载台141上不配置基准构件FM,另一方面在载台141上所载置的工件W上配置基准构件FM。例如,也可在工件W上不配置基准构件FM,另一方面在载台141上配置基准构件FM。

[0551] 此外,所述第一变形例至第四变形例的至少一个中的加工系统SYS也可通过第五

变形例中记载的方法算出测量点MP的位置。即,也可使第一变形例至第四变形例中的至少一个与第五变形例组合。

[0552] (4-6) 第六变形例

[0553] 为了算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差,第六变形例中的加工系统SYS也可进行以下的动作。具体而言,测量控制装置24也可通过使加工头11及载台141旋转移动,并且以追随加工头11及载台141中的任意一者的方式使加工头11及载台141中的任意另一者平移移动,算出加工头11及载台141中的任意一者的旋转移动中产生的移动误差。

[0554] 以下,为了便于说明,对算出载台141的旋转移动中产生的移动误差的动作进行说明。但是,关于以下的说明,通过将载台141的旋转移动置换为加工头11的旋转移动,且将加工头11的平移移动置换为载台141的平移移动,能够移用为算出加工头11的旋转移动中产生的移动误差的动作的说明。

[0555] 在所述情况下,如图42的(a)所示,测量控制装置24也可通过使载台141绕旋转轴(X)旋转移动,并且使加工头11平移移动,以使测量头22追随绕旋转轴(X)旋转移动的载台141上所载置的一个基准构件FM,由此算出载台141绕旋转轴(X)的旋转移动中产生的移动误差。在所述情况下,为了使加工头11平移移动,以使测量头22追随绕旋转轴(X)旋转移动的载台141上所载置的一个基准构件FM,加工头11优选为能够分别沿着平移轴(Y)及平移轴(Z)平移移动。

[0556] 进而,如图42的(b)所示,测量控制装置24也可通过使载台141绕旋转轴(Z)旋转移动,并且使加工头11平移移动,以使测量头22追随绕旋转轴(Z)旋转移动的载台141上所载置的一个基准构件FM,算出载台141绕旋转轴(Z)的旋转移动中产生的移动误差。在所述情况下,为了使加工头11平移移动,以使测量头22追随绕旋转轴(Z)旋转移动的载台141上所载置的一个基准构件FM,加工头11优选为能够分别沿着平移轴(X)及平移轴(Y)平移移动。

[0557] 进而,在载台141能够绕旋转轴(Y)旋转移动的情况下,测量控制装置24也可使载台141绕旋转轴(Y)旋转移动,并且使加工头11平移移动,以使测量头22追随绕旋转轴(Y)旋转移动的载台141上所载置的一个基准构件FM,由此算出载台141绕旋转轴(Y)的旋转移动中产生的移动误差。在所述情况下,为了使加工头11平移移动,以使测量头22追随绕旋转轴(Y)旋转移动的载台141上所载置的一个基准构件FM,加工头11优选为能够分别沿着平移轴(X)及平移轴(Z)平移移动。

[0558] 特别是,测量控制装置24也可使加工头11移动,以使随着载台141的旋转移动而移动的一个基准构件FM与以追随一个基准构件FM的方式移动的测量头22的位置关系不变。换句话说,测量控制装置24也可使加工头11移动,以维持移动的基准构件FM与以追随基准构件FM的方式移动的测量头22的位置关系。

[0559] 当测量头22追随基准构件FM时,测量头22可间断地或连续地对基准构件FM照射测量光ML。其结果,当测量头22追随基准构件FM时,测量头22可间断地或连续地接收来自基准构件FM的返回光RL。

[0560] 载台141的旋转移动结束的位置,测量控制装置24也可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出载台141的旋转移动中产生的移动误差。具体而言,测量控制装置24也可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果,算出测量头22与基准构件FM之间的距

离。特别是,由于基准构件FM进行移动,因此测量控制装置24也可算出基准构件FM的移动轨迹上的各位置处的测量头22与基准构件FM之间的距离。

[0561] 此处,假设在载台141的旋转移动中未产生移动误差的情况下,如图43所示,测量头22与基准构件FM之间的距离不取决于基准构件FM的移动轨迹上的位置而变动。此外,图43将在载台141绕旋转轴(Z)旋转移动的状况下根据基准构件FM的返回光RL算出的测量头22与基准构件FM之间的距离,与基准构件FM绕旋转轴(Z)的移动轨迹相对应地示出。另一方面,假设在载台141的旋转移动中产生了移动误差的情况下,如图43所示,测量头22与基准构件FM之间的距离根据基准构件FM的移动轨迹上的位置而变动的可能性高。因此,测量控制装置24也可算出测量头22与基准构件FM之间的距离相对于基准值的变动量,作为基准构件FM的移动轨迹上的各位置处的移动误差。由于基准构件FM的移动轨迹上的各位置与载台141的旋转角度对应,因此测量控制装置24也可算出载台141的旋转角度成为一个指令上的旋转角度时的、测量头22与基准构件FM之间的距离相对于基准值的变动量,作为载台141的旋转角度成为一个指令上的旋转角度时产生的移动误差。

[0562] 此外,所述第一变形例至第五变形例的至少一个中的加工系统SYS也可使用与第六变形例中的加工系统SYS同样的方法,算出加工头11及载台141中的至少一者的旋转移动中产生的移动误差。即,也可使第一变形例至第五变形例中的至少一个与第六变形例组合。

[0563] (4-7) 第七变形例

[0564] 在第七变形例中的加工系统SYS中,测量头22的结构也可如以下所示那样变更。以下,对第七变形例中的测量头22的例子进行说明。

[0565] (4-7-1) 第七变形例中的测量头22的第一具体例

[0566] 首先,参照图44,对第七变形例中的测量头22的第一具体例进行说明。图44是表示第七变形例中的测量头22的第一具体例的结构的剖面图。此外,在以下的说明中,将第七变形例中的测量头22的第一具体例称为“测量头22g-1”。

[0567] 如图44所示,测量头22g-1与测量头22相比的不同之处在于,包括光学系统222g-1来代替光学系统222。测量头22g-1的其他特征可与测量头22的其他特征相同。光学系统222g-1与光学系统222相比的不同之处在于,包括中继光学系统2229g-1。光学系统222g-1的其他特征可与光学系统222的其他特征相同。

[0568] 中继光学系统2229g-1配置在检流计镜2228与测量对象物之间的测量光ML的光路上。中继光学系统2229g-1将来自检流计镜2228的测量光ML照射到测量对象物。

[0569] 在检流计镜2228变更测量光ML的行进方向的情况下,从中继光学系统2229g-1射出的测量光的偏转角 θ_2 比从检流计镜2228射出的测量光的偏转角 θ_1 大。换句话说,在检流计镜2228的扫描镜22281旋转的情况下,从中继光学系统2229g-1射出的测量光的偏转角 θ_2 比从检流计镜2228射出的测量光的偏转角 θ_1 大。即,中继光学系统2229g-1被设计成:在检流计镜2228变更测量光ML的行进方向的情况下,从中继光学系统2229g-1射出的测量光的偏转角 θ_2 比从检流计镜2228射出的测量光的偏转角 θ_1 大。中继光学系统2229g-1被设计成:在检流计镜2228的扫描镜22281旋转的情况下,从中继光学系统2229g-1射出的测量光的偏转角 θ_2 比从检流计镜2228射出的测量光的偏转角 θ_1 大。在所述情况下,与测量头22g-1不包括中继光学系统2229g-1的情况相比,测量头22g-1的测量范围变大。其结果,在测量头22g-1的测量范围中,包含为了算出移动误差而应照射测量光ML的至少N个基准构件FM的可能性

变高。

[0570] 中继光学系统2229g-1可包括折射型光学元件(所谓的透镜)。在所述情况下,中继光学系统2229g-1可为焦外系统(afocal system)。即,中继光学系统2229g-1可为入射作为平行光的测量光ML、且射出作为平行光的测量光ML的焦外系统。作为焦外系统的中继光学系统2229g-1的角倍率可为正的角倍率,且可为+1.1倍以上的角倍率。另外,作为焦外系统的中继光学系统2229g-1的角倍率也可为负的角倍率,且可为-1.1倍以上的角倍率。中继光学系统2229g-1的角倍率的绝对值可为1.1倍以上,也可为2倍以上或3倍以上。

[0571] 包括折射型光学元件的中继光学系统2229g-1可包含包括折射侧光学元件且形成实像的实像光学系统。例如,中继光学系统2229g-1可包含形成检流计镜2228的扫描镜22281的实像的光学系统。中继光学系统2229g-1可在中继光学系统2229g-1的射出侧的空间中形成检流计镜2228的扫描镜22281的实像。在所述情况下,中继光学系统2229g-1形成实像的像面可视为与检流计镜2228的扫描镜22281在光学上共轭。在所述情况下,可视为中继光学系统2229g-1将位于所述检流计镜2228的扫描镜22281上的枢轴点PV形成在中继光学系统2229g-1形成实像的位置。可视为中继光学系统2229g-1对位于所述检流计镜2228的扫描镜22281上的枢轴点PV进行了中继。因此,在所述情况下,可视为在中继光学系统2229g-1形成实像的位置存在所述枢轴点PV。此外,形成实像的中继光学系统2229g-1可为在其内部形成中间像的光学系统。

[0572] 包括折射型光学元件的中继光学系统2229g-1也可包含包括折射侧光学元件且形成虚像的实像光学系统。例如,中继光学系统2229g-1可包含形成检流计镜2228的扫描镜22281的虚像的光学系统。中继光学系统2229g-1可在中继光学系统2229g-1内形成检流计镜2228的扫描镜22281的虚像。在所述情况下,中继光学系统2229g-1形成虚像的像面可视为与检流计镜2228的扫描镜22281在光学上共轭。在所述情况下,可视为中继光学系统2229g-1将位于所述检流计镜2228的扫描镜22281上的枢轴点PV形成在中继光学系统2229g-1形成虚像的位置。可视为中继光学系统2229g-1对位于所述检流计镜2228的扫描镜22281上的枢轴点PV进行了中继。因此,在所述情况下,可视为在中继光学系统2229g-1形成虚像的位置存在所述枢轴点PV。此外,形成虚像的中继光学系统2229g-1可为在其外部形成中间像的光学系统。

[0573] 在中继光学系统2229g-1形成扫描镜22281的虚像的情况下,构成中继光学系统2229g-1的多个光学构件中的一部分配置在虚像的测量对象物侧,构成中继光学系统2229g-1的多个光学构件中的另一部分配置在虚像的检流计镜2228侧。此处,当将配置在虚像的检流计镜2228侧的光学构件设为第一部分光学系统,将配置在虚像的测量对象物侧的光学构件设为第二部分光学系统时,第二部分光学系统可包括使凹面朝向虚像侧的一个以上的弯月面形状的透镜。或者,第二部分光学系统也可仅由使凹面朝向虚像侧的一个以上的弯月面形状的透镜构成。

[0574] (4-7-2) 第七变形例中的测量头22的第二具体例

[0575] 继而,分别参照图45的(a)及图45的(b),对第七变形例中的测量头22的第二具体例进行说明。图45的(a)及图45的(b)分别是表示第七变形例中的测量头22的第二具体例的结构剖面图。此外,在以下的说明中,将第七变形例中的测量头22的第二具体例称为“测量头22g-2”。

[0576] 如图45的(a)及图45的(b)分别所示,测量头22g-2与测量头22相比的不同之处在于,能够变更从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR。测量头22g-2的其他特征可与测量头22的其他特征相同。此处,图45的(a)表示测量头22g-2的测量光ML的行进方向的变更范围被设定为第一范围CR1的状态,图45的(b)表示测量头22g-2的测量光ML的行进方向的变更范围被设定为第二范围CR2的状态。

[0577] 从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR可指由检流计镜2228变更行进方向的测量光ML所通过的范围。从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR可指被检流计镜2228变更行进方向的测量光的光路所能占据的范围中最大的范围。例如,如图45的(a)所示,在变更范围CR被设定为第一范围CR1的情况下,由检流计镜2228变更行进方向的测量光ML通过第一范围CR1而入射到测量对象物。另一方面,如图45的(b)所示,在变更范围CR被设定为与第一范围CR1至少部分不同的第二范围CR2的情况下,由检流计镜2228变更行进方向的测量光ML通过第二范围CR2而入射到测量对象物。此外,从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR可称为从检流计镜2228射出的测量光ML的指向方向。

[0578] 其结果,与变更范围CR不可变更的情况相比,在测量头22g-2的测量范围中,包含为了算出移动误差而应照射测量光ML的至少N个基准构件FM的可能性变高。反过来说,测量头22g-2可对变更范围CR进行变更,以使为了算出移动误差而应照射测量光ML的至少N个基准构件FM包含在测量头22g-2的测量范围内。

[0579] 在第七变形例中,特别是测量头22g-2可如图45的(a)及图45的(b)所示,通过变更检流计镜2228的组装角度来变更从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR。检流计镜2228的组装角度可指检流计镜2228相对于光学系统222的框体的组装角度。检流计镜2228的组装角度也可指检流计镜2228相对于从反光镜2227射出的测量光ML的行进方向的组装角度。

[0580] 换句话说,测量头22g-2也可如图45的(a)及图45的(b)分别所示的那样,通过变更检流计镜2228的姿势来变更从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR。检流计镜2228的姿势可指检流计镜2228相对于光学系统222的框体的姿势。检流计镜2228的组装角度可指检流计镜2228相对于从反光镜2227射出的测量光ML的行进方向的姿势。

[0581] 测量头22g-2可使用能够移动检流计镜2228的驱动系统来变更检流计镜2228的组装角度。或者,可由加工系统SYS的操作员变更检流计镜2228的组装角度。在由操作员变更检流计镜2228的组装角度的情况下,可在操作员变更了检流计镜2228的组装角度之后,利用螺钉等固定构件将检流计镜2228固定,以免检流计镜2228的组装角度意外地变化。当操作员想要变更检流计镜2228的组装角度时,可将检流计镜2228的固定解除。

[0582] 此外,在头驱动系统12能够使测量头22沿着 θX 方向、 θY 方向及 θZ 方向中的至少一个旋转的情况下,可将头驱动系统12视为能够移动检流计镜2228的驱动系统。

[0583] (4-7-3) 第七变形例中的测量头22的第三具体例

[0584] 继而,分别参照图46的(a)及图45的(b),对第七变形例中的测量头22的第三具体例进行说明。图46的(a)及图46的(b)分别是表示第七变形例中的测量头22的第三具体例的结构剖面图。此外,在以下的说明中,将第七变形例中的测量头22的第三具体例称为“测量头22g-3”。此处,图46的(a)表示测量头22g-3的测量光ML的行进方向的变更范围被设定

为第三范围CR3的状态,图46的(b)表示测量头22g-3的测量光ML的行进方向的变更范围被设定为第四范围CR4的状态。

[0585] 如图46的(a)及图46的(b)所示,测量头22g-3与测量头22相比的不同之处在于,能够变更从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR。即,测量头22g-3与测量头22g-2同样地,能够变更从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR。测量头22g-2与测量头22相比的不同之处在于,为了对变更范围CR进行变更而包括光学系统222g-3来代替光学系统222。测量头22g-3的其他特征可与测量头22的其他特征相同。

[0586] 光学系统222g-3与光学系统222相比的不同之处在于,包括检流计镜2221g-3、反光镜2222g-3、反光镜2223g-3以及反光镜2224g-3。光学系统222g-3的其他特征可与光学系统222的其他特征相同。

[0587] 检流计镜2221g-3配置在反光镜2227与检流计镜2228之间的测量光ML的光路上。检流计镜2221g-3包括扫描镜22211g-3。扫描镜22211g-3是相对于入射到扫描镜22211g-3的测量光ML的光路的角度能够变更的倾斜角可变反光镜。扫描镜22211g-3能够通过绕与入射到扫描镜22211g-3的测量光ML的入射侧的光路交叉的旋转轴旋转,来变更相对于入射到扫描镜22211g-3的测量光ML的光路的角度。

[0588] 检流计镜2221g-3通过使扫描镜22211g-3旋转,来变更测量光ML从检流计镜2221g-3射出的方向。具体而言,检流计镜2221g-3通过使扫描镜22211g-3旋转,在从检流计镜2221g-3射出的测量光ML朝向反光镜2222g-3的第一方向、与从检流计镜2221g-3射出的测量光ML朝向反光镜2223g-3的第二方向之间变更测量光ML从检流计镜2221g-3射出的方向。即,检流计镜2221g-3在使测量光ML朝向反光镜2222g-3的第一光路、与使测量光ML朝向反光镜2223g-3的第二光路之间切换从检流计镜2221g-3射出的测量光ML的光路。因此,检流计镜2221g-3也可称为光路切换光学元件。

[0589] 如图46的(a)所示,在测量光ML从检流计镜2221g-3射出的方向被设定为从检流计镜2221g-3射出的测量光ML朝向反光镜2222g-3的第一方向的情况下,检流计镜2221g-3将测量光ML朝向反光镜2222g-3射出。反光镜2222g-3是将入射到反光镜2222g-3的测量光ML朝向检流计镜2228反射的反射光学元件。特别是反光镜2222g-3以使反光镜2222g-3所反射的测量光ML从第一入射方向入射到检流计镜2228的方式,将入射到反光镜2222g-3的测量光ML反射。其结果,测量光ML从第一入射方向入射到检流计镜2228。检流计镜2228利用扫描镜22281将从第一入射方向入射到检流计镜2228的测量光ML反射。在所述情况下,从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR成为根据第一入射方向而定的第三范围CR3。

[0590] 另一方面,如图46的(b)所示,在测量光ML从检流计镜2221g-3射出的方向被设定为从检流计镜2221g-3射出的测量光ML朝向反光镜2223g-3的第二方向的情况下,检流计镜2221g-3将测量光ML朝向反光镜2223g-3射出。反光镜2223g-3是将入射到反光镜2223g-3的测量光ML朝向反光镜2224g-3反射的反射光学元件。反光镜2224g-3是将入射到反光镜2224g-3的测量光ML朝向检流计镜2228反射的反射光学元件。特别是反光镜2224g-3以使反光镜2224g-3所反射的测量光ML从与第一入射方向不同的第二入射方向入射到检流计镜2228的方式,将入射到反光镜2224g-3的测量光ML反射。其结果,测量光ML从第二入射方向入射到检流计镜2228。检流计镜2228利用扫描镜22281将从第二入射方向入射到检流计镜

2228的测量光ML反射。在所述情况下,从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR成为根据第二入射方向而定的第四范围CR4。如上所述,第二入射方向与第一入射方向不同,因此根据第二入射方向而定的第四范围CR4典型而言与根据第一入射方向而定的第三范围CR3至少部分不同。

[0591] 此外,如图46的(a)所示,从检流计镜2221g-3到检流计镜2228(特别是扫描镜22281)的测量光ML的光路可视为位于入射到检流计镜2221g-3的测量光ML的光路与由检流计镜2228(特别是扫描镜22281)反射的测量光ML的光路之间。

[0592] 如此,第三变形例的测量头22g-3与第二变形例的测量头22g-2同样地,可变更从检流计镜2228射出的测量光ML的行进方向的变更范围CR。其结果,第三变形例的测量头22g-3可享有与第二变形例的测量头22g-2能够享有的效果相同的效果。

[0593] 此外,在头驱动系统12能够使测量头22沿着 θX 方向、 θY 方向及 θZ 方向中的至少一个旋转的情况下,也可使测量头22-g-3沿着 θX 方向、 θY 方向及 θZ 方向中的至少一个旋转。

[0594] (4-7-4) 第七变形例中的测量头22的第四具体例

[0595] 继而,参照图47,对第七变形例中的测量头22的第四具体例进行说明。图47是表示第七变形例中的测量头22的第四具体例的结构的剖面图。此外,在以下的说明中,将第七变形例中的测量头22的第四具体例称为“测量头22g-4”。

[0596] 如图47所示,测量头22g-4与测量头22相比的不同之处在于,包括光学系统222g-4来代替光学系统222。测量头22g-4的其他特征可与测量头22的其他特征相同。光学系统222g-4与光学系统222相比的不同之处在于,包括检流计镜2221g-4以及检流计镜2222g-4来代替检流计镜2228。光学系统222g-4的其他特征可与光学系统222的其他特征相同。

[0597] 未图示的反光镜2227所反射的测量光ML入射到检流计镜2221g-4。检流计镜2221g-4能够变更从检流计镜2221g-4射出的测量光ML的行进方向,以使测量光ML在测量对象物上的照射位置变化。因此,检流计镜2221g-4也可称为方向变更构件。检流计镜2221g-4可包括也可称为反射构件的扫描镜22211g-4。扫描镜22211g-4是相对于入射到扫描镜22211g-4的测量光ML的光路的角度能够变更的倾斜角可变反光镜。扫描镜22211g-4能够通过绕与入射到扫描镜22211g-4的测量光ML的入射侧的光路交叉的旋转轴旋转,来变更相对于入射到扫描镜22211g-4的测量光ML的光路的角度。扫描镜22211g-4可变更测量光ML的行进方向,以使测量光ML在测量对象物上的照射位置沿着X轴及Y轴中的任意一者变化。

[0598] 从检流计镜2221g-4射出的测量光ML入射到检流计镜2222g-4。检流计镜2222g-4能够变更从检流计镜2222g-4射出的测量光ML的行进方向,以使测量光ML在测量对象物上的照射位置变化。因此,检流计镜2222g-4也可称为方向变更构件。检流计镜2222g-4可包括也可称为反射构件的扫描镜22221g-4。扫描镜22221g-4是相对于入射到扫描镜22221g-4的测量光ML的光路的角度能够变更的倾斜角可变反光镜。扫描镜22221g-4能够通过绕与入射到扫描镜22221g-4的测量光ML的入射侧的光路交叉的旋转轴旋转,来变更相对于入射到扫描镜22221g-4的测量光ML的光路的角度。扫描镜22221g-4可变更测量光ML的行进方向,以使测量光ML在测量对象物上的照射位置沿着X轴及Y轴中的任意另一者变化。在所述情况下,扫描镜22221g-4的旋转轴与扫描镜22211g-4的旋转轴处于扭转的关系。此时,枢轴点PV可位于扫描镜22211g-4与扫描镜22221g-4的中间位置。另外,枢轴点PV也可处于测量光ML的照射位置所变到的每个方向上。此时,多个枢轴点PV可位于扫描镜22211g-4的旋转轴上

以及扫描镜22221g-4的旋转轴上。

[0599] 因此,包括检流计镜2221g-4及检流计镜2222g-4的光学系统实质上能够作为所述检流计镜2228发挥功能。因此,测量头22g-4与所述测量头22同样地,可对测量对象物照射测量光ML且接收来自测量对象物的返回光RL。

[0600] (4-7-5) 第七变形例中的测量头22的第五具体例

[0601] 继而,参照图48,对第七变形例中的测量头22的第五具体例进行说明。图48是表示第七变形例中的测量头22的第五具体例的结构的剖面图。此外,在以下的说明中,将第七变形例中的测量头22的第五具体例称为“测量头22g-5”。

[0602] 如图48所示,测量头22g-5与所述测量头22g-4相比的不同之处在于,包括光学系统222g-5来代替光学系统222g-4。测量头22g-5的其他特征可与测量头22g-4的其他特征相同。光学系统222g-5与光学系统222g-4相比的不同之处在于,包括中继光学系统2223g-5。光学系统222g-5的其他特征可与光学系统222g-4的其他特征相同。

[0603] 中继光学系统2223g-5配置在检流计镜2221g-4与检流计镜2222g-4之间的测量光ML的光路上。中继光学系统2223g-5使检流计镜2221g-4与检流计镜2222g-4成为在光学上共轭的关系。具体而言,中继光学系统2223g-5使检流计镜2221g-4的扫描镜22211g-4与检流计镜2222g-4的扫描镜22221g-4成为在光学上共轭的关系。其结果,检流计镜2221g-4的枢轴点PV1g-4与检流计镜2222g-4的枢轴点PV2g-4在光学上共轭。因此,即使检流计镜2221g-4变更了从检流计镜2221g-4射出的测量光ML的行进方向,在检流计镜2222g-4的扫描镜22221g-4上,枢轴点PV2g-4也不会移动。即,在检流计镜2222g-4的扫描镜22221g-4上,枢轴点PV2g-4的位置不会改变。因此,即使将枢轴点PV2g-4用作所述测量头22的基准点FP,测量头22与测量对象物之间的距离的测量精度发生劣化的可能性也低。

[0604] 此外,在所述测量头22g-4中,有在检流计镜2222g-4的扫描镜22221g-4上枢轴点PV2g-4移动的可能性。在所述情况下,尽管测量头22与测量对象物之间的实际距离未改变,但由于用作测量头22g-4的基准点FP的枢轴点PV2g-4的移动,也有测量头22与测量对象物之间的距离的算出结果发生变动的可能性。在所述情况下,测量控制装置24可基于枢轴点PV2g-4的移动量,对测量头22与测量对象物之间的距离的算出结果进行修正。其结果,即使在枢轴点PV2g-4移动的情况下,测量控制装置24也可精度良好地算出测量头22与测量对象物之间的距离。

[0605] 另外,在第五具体例中,中继光学系统2223g-5的倍率可为等倍。

[0606] (4-7-6) 第七变形例中的测量头22的第六具体例

[0607] 继而,参照图49,对第七变形例中的测量头22的第六具体例进行说明。图49是表示第七变形例中的测量头22的第六具体例的结构的剖面图。此外,在以下的说明中,将第七变形例中的测量头22的第六具体例称为“测量头22g-6”。

[0608] 如图49所示,测量头22g-6与所述测量头22g-4相比的不同之处在于,包括光学系统222g-6来代替光学系统222g-4。测量头22g-6的其他特征可与测量头22g-4的其他特征相同。光学系统222g-6与光学系统222g-4相比的不同之处在于,包括检流计镜2221g-4,且另一方面不包括检流计镜2222g-4。光学系统222g-6的其他特征可与光学系统222g-4的其他特征相同。

[0609] 此处,如上所述,扫描镜22211g-4变更测量光ML的行进方向,以使测量光ML在测量

对象物上的照射位置沿着X轴及Y轴中的任意一者变化。因此,不包括检流计镜2222g-4的测量头22g-6无法使测量光ML在测量对象物上的照射位置沿着X轴及Y轴中的任意另一者变化。即,在此状态下,测量头22g-6无法利用测量光ML对测量对象物的表面进行二维扫描。因此,在使用测量头22g-6的情况下,加工控制装置16可在测量控制装置24的控制下,使组装有测量头22g-6的主轴111绕旋转轴RX旋转。其结果,即使是测量头22g-6,也可利用测量光ML对测量对象物的表面进行二维扫描。

[0610] 此外,测量头22g-6或头框体112也可包括对测量头22g-6相对于头框体112的旋转角度进行检测的旋转角度检测装置。或者,在头框体112包括旋转角度检测装置的情况下,旋转角度检测装置也可对主轴111的旋转角度进行检测。

[0611] 此外,在组装有测量头22g-6的主轴111绕旋转轴RX旋转的情况下,检流计镜2221g-4的枢轴点PV优选为位于主轴111的旋转轴RX上。在上述实施方式及各变形例中,检流计镜2228的枢轴点PV也可位于主轴111的旋转轴RX上。

[0612] 此外,所述第一变形例至第六变形例的至少一个中的加工系统SYS也可包括第七变形例中记载的测量头22(例如测量头22g-1至测量头22g-6中的至少一个)。即,也可使第一变形例至第六变形例中的至少一个与第七变形例组合。

[0613] (4-8) 第八变形例

[0614] 在第八变形例中,如图50所示,检流计镜2228的枢轴点PV可位于远离主轴111的旋转轴RX的位置。具体而言,检流计镜2228的枢轴点PV可位于沿着与旋转轴RX交叉的方向远离主轴111的旋转轴RX的位置。即使在所述情况下,检流计镜2228可变更测量光ML的行进方向这一点也不会改变。

[0615] 此处,在枢轴点PV位于远离主轴111的旋转轴RX的位置的情况下,由于主轴111的姿势的变化,测量头22与测量对象物(例如基准构件FM)之间的距离发生变化。另一方面,在枢轴点PV位于主轴111的旋转轴RX上的情况下,测量头22与测量对象物(例如基准构件FM)之间的距离不会因主轴111姿势的变化而变化。

[0616] 例如,如图51的(a)所示,当在枢轴点PV位于旋转轴RX上的状况下主轴111的姿势绕旋转轴(Z)发生了变化时,测量头22与基准构件FM之间的距离保持距离L1不变。其结果,根据基准构件FM的返回光RL的受光结果算出的测量头22与基准构件FM之间的距离也保持距离L1不变。另一方面,例如,如图52的(a)所示,当在枢轴点PV位于远离旋转轴RX的位置的状况下主轴111的姿势绕旋转轴(Z)以相同方式发生了变化时,测量头22与基准构件FM之间的距离从距离L11变为与距离L11不同的距离L12。其结果,根据基准构件FM的返回光RL的受光结果算出的测量头22与基准构件FM之间的距离也从距离L11变为距离L12。

[0617] 例如,如图51的(b)所示,当在枢轴点PV位于旋转轴RX上的状况下主轴111的姿势绕旋转轴(Y)发生了变化时,测量头22与基准构件FM之间的距离保持距离L2不变。其结果,根据基准构件FM的返回光RL的受光结果算出的测量头22与基准构件FM之间的距离也保持距离L2不变。另一方面,例如,如图52的(b)所示,当在枢轴点PV位于远离旋转轴RX的位置的状况下主轴111的姿势绕旋转轴(Y)以相同方式发生了变化时,测量头22与基准构件FM之间的距离从距离L21变为与距离L21不同的距离L22。其结果,根据基准构件FM的返回光RL的受光结果算出的测量头22与基准构件FM之间的距离也从距离L21变为距离L22。

[0618] 例如,如图51的(c)所示,当在枢轴点PV位于旋转轴RX上的状况下主轴111的姿势

绕旋转轴(X)发生了变化时,测量头22与基准构件FM之间的距离保持距离L3不变。其结果,根据基准构件FM的返回光RL的受光结果算出的测量头22与基准构件FM之间的距离也保持距离L3不变。另一方面,例如,如图52的(c)所示,当在枢轴点PV位于远离旋转轴RX的位置的状况下主轴111的姿势绕旋转轴(X)以相同方式发生了变化时,测量头22与基准构件FM之间的距离从距离L31变为与距离L31不同的距离L32。其结果,根据基准构件FM的返回光RL的受光结果算出的测量头22与基准构件FM之间的距离也从距离L31变为距离L32。

[0619] 因此,在枢轴点PV位于远离主轴111的旋转轴RX的位置的情况下,测量控制装置24可基于测量头22与基准构件FM之间的距离,算出主轴111的姿势。作为一例,测量控制装置24可反复进行变更主轴111的姿势的动作,直到在机械坐标系内枢轴点PV位于互不相同的至少三处位置。每当主轴111的姿势被变更时,测量头22可对至少一个基准构件FM照射测量光ML,并接收来自至少一个基准构件FM的返回光RL。然后,测量头22可算出从测量头22到至少一个基准构件FM的距离。然后,测量控制装置24可基于所算出的距离算出主轴111的姿势。例如,测量控制装置24可基于所算出的距离,算出主轴111绕旋转轴(X)的姿势、主轴111绕旋转轴(Y)的姿势及主轴111绕旋转轴(Z)的姿势中的至少一个。

[0620] 进而,测量系统2可在使加工头11平移移动的同时,反复进行算出所述主轴111的姿势的动作。其结果,测量控制装置24可算出在加工头11的平移移动中产生的主轴111的姿势变化。与加工头11的平移移动中产生的主轴111的姿势变化相关的信息可用作与所述加工头11的平移移动中产生的移动误差相关的信息。其结果,加工头11可进行平移移动而不会无意地使主轴111的姿势变化。

[0621] 此外,在所述第一变形例至第七变形例的至少一个中的加工系统SYS中,检流计镜2228的枢轴点PV也可位于远离主轴111的旋转轴RX的位置。即,也可使第一变形例至第七变形例中的至少一个与第八变形例组合。

[0622] (4-9) 第九变形例

[0623] 继而,对第九变形例的加工系统SYS进行说明。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将第九变形例的加工系统SYS称为加工系统SYS9。第九变形例的加工系统SYS9与所述加工系统SYS相比的不同之处在于,包括测量装置20i来代替测量装置20。加工系统SYS9的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。以下,参照图53,对第九变形例的测量装置20i进行说明。图53是表示第九变形例的测量装置20i的结构的面视图。

[0624] 如图53所示,测量装置20i与测量装置20相比的不同之处在于,包括测量头22i来代替测量头22。进而,测量装置20i与测量装置20相比的不同之处在于,包括光检测装置25i。测量装置20i的其他特征可与测量装置20的其他特征相同。

[0625] 测量头22i与测量头22相比的不同之处在于,包括光学系统222i来代替光学系统222。测量头22i的其他特征可与测量头22的其他特征相同。光学系统222i与光学系统222相比的不同之处在于,可不包括对返回光RL及参照光RB进行检测(即,接收并检测,以下,在第九变形例中相同)的光检测器(例如所述光检测器2226)。光学系统222i的其他特征可与光学系统222的其他特征相同。

[0626] 光检测装置25i包括对返回光RL及参照光RB进行检测的光检测器(例如所述光检测器2226)。即,第九变形例的测量装置20i中,对返回光RL及参照光RB进行检测的光检测器配置在测量头22i的外部,这一方面与对返回光RL及参照光RB进行检测的光检测器配置在

测量头22的内部的所述测量装置20不同。

[0627] 测量头22i (特别是光学系统222i) 与光检测装置25i经由光传输构件26i而在光学上连接。作为光传输构件26i的一例,可列举光纤及光管。

[0628] 来自测量对象物的返回光RL可经由光传输构件26i,从测量头22i传输到光检测装置25i。参照光RB也可经由光传输构件26i,从测量头22i传输到光检测装置25i。光传输装置25i可对干涉光进行检测,所述干涉光是因经由光传输构件26i而入射到光传输装置25i的返回光RL、与经由光传输构件26i而入射到光传输装置25i的参照光RB发生干涉而产生。即,返回光RL与参照光RB在光传输装置25i内发生干涉,光传输装置25i可对因所述干涉而产生的干涉光进行检测。

[0629] 或者,返回光RL与参照光RB也可在测量头22i内(具体而言,光学系统222i内)发生干涉。因所述干涉而产生的干涉光可经由光传输构件26i,从测量头22i传输到光检测装置25i。光传输装置25i可对经由光传输构件26i而入射到光传输装置25i的干涉光进行检测。

[0630] 在任一情况下,配置在测量头22i的外部的的光检测装置25i均可对因返回光RL与参照光RB发生干涉而产生的干涉光进行检测(接收)。因此,测量装置20i可进行与所述测量装置20相同的动作。进而,在第九变形例中,由于对返回光RL及参照光RB进行检测的检测器配置在测量头22i的外部,因此能够实现测量头22i的小尺寸化。

[0631] 进而,由于能够实现测量头22i的小尺寸化,因此可使测量头22i更接近工件W。或者,在工件W的周边,测量头22i可进入更狭窄的空间。因此,可在工件W周边的更大的空间中算出所述移动误差。

[0632] 继而,对检测返回光RL及参照光RB的检测器配置在测量头22i的外部的测量装置20i的具体例进行说明。

[0633] (4-9-1) 测量装置20i的第一具体例

[0634] 首先,参照图54,对第九变形例中的测量装置20i的第一具体例进行说明。图54是表示第九变形例中的测量装置20i的第一具体例的结构的剖面图。此外。在以下的说明中,将第九变形例中的测量装置20i的第一具体例称为测量装置20i-1。

[0635] 如图54所示,测量装置20i-1包括作为测量头22i的第一具体例的测量头22i-1、以及作为光检测装置25i的第一具体例的光检测装置25i-1。测量头22i-1包括作为光学系统222i的第一具体例的光学系统222i-1。测量头22i-1(特别是光学系统222i-1)与光检测装置25i-1经由作为光传输构件26i的第一具体例的光传输构件26i-1而在光学上连接。

[0636] 光学系统222i-1包括所述光学系统222所包括的分束器2224、反光镜2225、反光镜2227及检流计镜2228。另一方面,光检测装置25i-1包括所述光学系统222所包括的分束器2221、分束器2222、光检测器2223及光检测器2226。

[0637] 在所述情况下,从分束器2222射出的测量光ML#1-2及测量光ML#2-2分别经由光传输构件26i-1,从光检测装置25i-1传输到测量头22i-1(特别是光学系统222i-1)。经由光传输构件26i-1而传输到光学系统222i-1的测量光ML#1-2及测量光ML#2-2分别入射到分束器2224。其结果,反光镜2225可通过将经由分束器2224而入射到反光镜2225的测量光ML#1-2反射来生成参照光RB。进而,入射到分束器2224的测量光ML#2-2经由反光镜2227及检流计镜2228而照射到测量对象物。

[0638] 来自测量对象物的返回光经由检流计镜2228及反光镜2227而入射到分束器2224。

反光镜2225所生成的参照光RB也入射到分束器2224。从分束器2224射出的返回光RL及参照光RB分别经由光传输构件26i-1,从测量头22i-1(特别是光学系统222i-1)传输到光检测装置25i-1。经由光传输构件26i-1而传输到光检测装置25i-1的返回光RL及参照光RB经由分束器2222而入射到光检测器2226。其结果,光检测器2226对产生返回光RL与参照光RB发生干涉的干涉光进行检测。

[0639] (4-9-2) 测量装置20i的第二具体例

[0640] 继而,参照图55,对第九变形例中的测量装置20i的第二具体例进行说明。图55是表示第九变形例中的测量装置20i的第二具体例的结构的剖面图。此外。在以下的说明中,将第九变形例中的测量装置20i的第二具体例称为测量装置20i-2。

[0641] 如图55所示,测量装置20i-2包括作为测量头22i的第二具体例的测量头22i-2、以及作为光检测装置25i的第二具体例的光检测装置25i-2。测量头22i-2包括作为光学系统222i的第二具体例的光学系统222i-2。测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)与光检测装置25i-2经由作为光传输构件26i的第二具体例的光传输构件26i-2而在光学上连接。

[0642] 光检测装置25i-2包括棱镜单元250i-2、偏振分束器2511i-2、偏振分束器2512i-2、透镜2513i-2、偏振分束器2521i-2、1/2波长板2522i-2、反光镜2523i-2、透镜2531i-2、反光镜2532i-2、1/2波长板2533i-2、光检测器2541i-2、光检测器2542i-2、光检测器2543i-2以及光检测器2544i-2。光学系统222i-2包括透镜2220i-2、偏振分束器2221i-2、1/4波长板2222i-2、逆反射器2223i-2、偏振分束器2224i-2、检流计镜2225i-2、聚光光学系统2226i-2、1/4波长板2227i-2、反光镜2228i-2以及透镜2229i-2。

[0643] 测量光源21#1射出作为s偏振光的测量光ML#1。测量光源21#2射出作为s偏振光的测量光ML#2。测量光源21#1及测量光源21#2分别射出的测量光ML#1及测量光ML#2入射到棱镜单元250i-2。棱镜单元250i-2是日本专利特开2015-072137号公报中记载的公知的棱镜单元。因此,省略棱镜单元250i-2的详细说明。

[0644] 棱镜单元250i-2将测量光ML#1分支为作为p偏振光的测量光ML#11、以及作为s偏振光的测量光ML#12。棱镜单元250i-2将测量光ML#2分支为作为p偏振光的测量光ML#21、以及作为s偏振光的测量光ML#22。此外,在第二具体例中,可相对于棱镜单元250i-2内的未图示的偏振光分离面来定义p偏振光以及s偏振光。此处,p偏振光也可称为第一偏振光,s偏振光也可称为与第一偏振光正交的第二偏振光。棱镜单元250i-2将测量光ML#11朝向偏振分束器2511i-2射出。棱镜单元250i-2将测量光ML#21朝向偏振分束器2521i-2射出。

[0645] 从棱镜单元250i-2射出的测量光ML#11通过偏振分束器2511i-2,然后通过偏振分束器2512i-2,经由透镜2513i-2而入射到光传输构件26i-2所包括的保偏光纤261i-2。此外,透镜2513i-2是用于使作为平行光的测量光ML#11入射到保偏光纤261i-2的光学元件。透镜2513i-2使测量光ML#11聚光到保偏光纤261i-2的入射端面、特别是保偏光纤261i-2的芯部内。其结果,测量光ML#11经由保偏光纤261i-2,从光检测装置25i-2传输到测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)。

[0646] 从光检测装置25i-2传输到测量头22i-2的测量光ML#11经由透镜2220i-2而入射到偏振分束器2221i-2。此外,透镜2220i-2是用于使经由保偏光纤261i-2而传输的测量光ML#11恢复为平行光的光学元件。入射到偏振分束器2221i-2的测量光ML#11通过偏振分束器2221i-2,并通过1/4波长板2222i-2。其结果,从1/4波长板2222i-2射出作为圆偏振光的

测量光ML#11。从1/4波长板2222i-2射出的测量光ML#11被逆反射器2223i-2反射。逆反射器2223i-2所反射的测量光ML#11作为参照光RB而通过1/4波长板2222i-2。其结果,从1/4波长板2222i-2射出作为s偏振光的参照光RB。从1/4波长板2222i-2射出的参照光RB被偏振分束器2221i-2反射,并被反光镜2228i-2反射,经由透镜2229i-2而入射到光传输构件26i-2所包括的保偏光纤262i-2。此外,透镜2229i-2是用于使作为平行光的参照光RB入射到保偏光纤262i-2的光学元件。透镜2229i-2使参照光RB聚光到保偏光纤262i-2的入射端面、特别是保偏光纤262i-2的芯部内。其结果,参照光RB经由保偏光纤262i-2,从测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)传输到光检测装置25i-2。

[0647] 从测量头22i-2传输到光检测装置25i-2的参照光RB经由透镜2531i-2而入射到反光镜2532i-2。此外,透镜2531i-2是用于使经由保偏光纤262i-2而传输的参照光RB恢复为平行光的光学元件。入射到反光镜2532i-2的参照光RB被反光镜2532i-2反射,并被偏振分束器2511i-2反射,入射到棱镜单元250i-2。

[0648] 另一方面,从棱镜单元250i-2射出的测量光ML#21通过偏振分束器2521i-2,并通过1/2波长板2522i-2。其结果,从1/2波长板2522i-2射出作为s偏振光的测量光ML#21。从1/2波长板2522i-2射出的测量光ML#21被反光镜2523i-2反射,并被偏振分束器2512i-2反射,经由透镜2513i-2入射到光传输构件26i-2所包括的保偏光纤261i-2。此外,透镜2513i-2是用于使作为平行光的测量光ML#21入射到保偏光纤261i-2的光学元件。透镜2513i-2使测量光ML#21聚光到保偏光纤261i-2的入射端面、特别是保偏光纤261i-2的芯部内。其结果,来自透镜2513i-2的测量光ML#21经由保偏光纤261i-2,从光检测装置25i-2传输到测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)。即,测量装置20i-2经由相同的保偏光纤261i-2,将测量光ML#11及测量光ML#21从光检测装置25i-2传输到测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)。

[0649] 从光检测装置25i-2传输到测量头22i-2的测量光ML#21经由透镜2220i-2而入射到偏振分束器2221i-2。此外,透镜2220i-2是用于使经由保偏光纤261i-2而传输的测量光ML#21恢复为平行光的光学元件。入射到偏振分束器2221i-2的测量光ML#21被偏振分束器2221i-2反射,并被反光镜2224i-2反射,入射到检流计镜2225i-2。检流计镜2225i-2具有与前述检流计镜2228相同的结构。检流计镜2225i-2通过变更测量光ML#21的行进方向,使测量光ML#21在测量对象物上的照射位置沿着X轴及Y轴的各个变化。从检流计镜2225i-2射出的测量光ML#21经由聚光光学系统2226i-2及1/4波长板2227i-2而照射到测量对象物。因此,对测量对象物照射作为圆偏振光的测量光ML#21。被测量对象物反射的测量光ML#21作为返回光RL而通过1/4波长板2227i-2。其结果,从1/4波长板2227i-2射出作为p偏振光的返回光RL。从1/4波长板2227i-2射出的返回光RL经由聚光光学系统2226i-2及检流计镜2225i-2而入射到反光镜2224i-2,被反光镜2224i-2反射,通过偏振分束器2221i-2,被反光镜2228i-2反射,经由透镜2229i-2而入射到光传输构件26i-2所包括的保偏光纤262i-2。此外,透镜2229i-2是用于使作为平行光的返回光RL入射到保偏光纤262i-2的光学元件。透镜2229i-2使返回光RL聚光到保偏光纤262i-2的入射端面、特别是保偏光纤262i-2的芯部内。其结果,返回光RL经由保偏光纤262i-2,从测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)传输到光检测装置25i-2。即,测量装置20i-2经由相同的保偏光纤262i-2,将参照光RB及返回光RL从测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)传输到光检测装置25i-2。

[0650] 从测量头22i-2传输到光检测装置25i-2的返回光RL经由透镜2531i-2而入射到反

光镜2532i-2。此外,透镜2531i-2是用于使经由保偏光纤262i-2而传输的返回光RL恢复为平行光的光学元件。入射到反光镜2532i-2的返回光RL被反光镜2532i-2反射,通过偏振分束器2511i-2,并通过1/2波长板2533i-2。其结果,从1/2波长板2533i-2射出作为s偏振光的返回光RL。从1/2波长板2533i-2射出的返回光RL被偏振分束器2521i-2反射,并入射到棱镜单元250i-2。

[0651] 棱镜单元250i-2将入射到棱镜单元250i-2的参照光RB分支成两个参照光RB#1及RB#2。棱镜单元250i-2将入射到棱镜单元250i-2的返回光RL分支成两个返回光RL#1及RL#2。参照光RB#1及返回光RL#1入射到光检测器2543i-3。其结果,光检测器2543i-3对因参照光RB#1与返回光RL#1发生干涉而生成的干涉光进行检测。参照光RB#2及返回光RL#2入射到光检测器2544i-3。其结果,光检测器2544i-2对因参照光RB#2与返回光RL#2发生干涉而生成的干涉光进行检测。

[0652] 另一方面,棱镜单元250i-2将测量光ML#12分支为两个测量光ML#13及ML#14。棱镜单元250i-2将测量光ML#22分支为两个测量光ML#23及ML#24。测量光ML#13及测量光ML#23入射到光检测器2541i-2。其结果,光检测器2541i-3对因测量光ML#13与测量光ML#23发生干涉而生成的干涉光进行检测。测量光ML#14及测量光ML#24入射到光检测器2542i-2。其结果,光检测器2542i-2对因测量光ML#14与测量光ML#24发生干涉而生成的干涉光进行检测。

[0653] 此处,光检测器2543i-2及光检测器2544i-2分别检测的干涉光的脉冲光的位置(时间轴上的位置)根据测量头22i-2与测量对象物的位置关系而变动。其原因在于,光检测器2543i-2及光检测器2544i-2分别检测的干涉光是经由测量对象物而朝向光检测器2543i-2及光检测器2544i-2的各个的返回光RL与不经由测量对象物而朝向光检测器2543i-2及光检测器2544i-2的各个的参照光RB的干涉光。另一方面,光检测器2541i-2及光检测器2542i-2分别检测的干涉光的脉冲光的位置(时间轴上的位置)不会根据测量头22i-2与测量对象物的位置关系(即,实质上是加工头11与测量对象物的位置关系)而变动。因此,包括测量头22i-2的测量系统2与所述测量头22同样地,可基于光检测器2543i-2及光检测器2544i-2分别检测的干涉光的脉冲光与光检测器2541i-2及光检测器2542i-2分别检测的干涉光的脉冲光的时间差,算出测量头22i-2与测量对象物之间的距离。

[0654] 此处,如上所述,测量装置20i-2经由相同的保偏光纤261i-2,将测量光ML#11及测量光ML#21从光检测装置25i-2传输到测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)。因此,外部干扰对测量光ML#11的影响与外部干扰对测量光ML#12的影响相同。其结果,与测量光ML#11及测量光ML#21分别经由不同的两个保偏光纤而传输的情况相比,光检测器2543i-2及光检测器2544i-2各自的检测结果中所含的噪声降低。因此,包括测量装置20i-2的测量系统2可进一步精度良好地算出测量头22i-2与测量对象物之间的距离。其结果,测量系统2可进一步精度良好地算出测量头22i-2及测量对象物各自的位置。

[0655] 进而,测量装置20i-2经由相同的保偏光纤262i-2,将参照光RB及返回光RL从测量头22i-2(特别是光学系统222i-2)传输到光检测装置25i-2。因此,外部干扰对参照光RB的影响与外部干扰对返回光RL的影响相同。其结果,与参照光RB及返回光RL分别经由不同的两个保偏光纤而传输的情况相比,光检测器2543i-2及光检测器2544i-2各自的检测结果中所含的噪声降低。因此,包括测量装置20i-2的测量系统2可进一步精度良好地算出测量头22i-2与测量对象物之间的距离。其结果,测量系统2可进一步精度良好地算出测量头22i-2

及测量对象物各自的位置。

[0656] (4-9-3) 测量装置20i的第三具体例

[0657] 继而,参照图56,对第九变形例中的测量装置20i的第三具体例进行说明。图56是表示第九变形例中的测量装置20i的第三具体例的结构的剖面图。此外。在以下的说明中,将第九变形例中的测量装置20i的第三具体例称为测量装置20i-3。

[0658] 如图56所示,测量装置20i-3包括作为测量头22i的第三具体例的测量头22i-3、以及作为光检测装置25i的第三具体例的光检测装置25i-3。测量头22i-3包括作为光学系统222i的第三具体例的光学系统222i-3。测量头22i-3(特别是光学系统222i-3)与光检测装置25i-3经由作为光传输构件26i的第三具体例的光传输构件26i-3而在光学上连接。

[0659] 光检测装置25i-3包括棱镜单元250i-2、1/2波长板251i-3、透镜252i-3、透镜253i-3、透镜254i-3、透镜255i-3、光检测器256i-3以及光检测器257i-3。光学系统222i-3包括透镜22201i-3、透镜22202i-3、透镜22203i-3、透镜22204i-3、偏振分束器2221i-3、检流计镜2222i-3、聚光光学系统2223i-3、1/4波长板2224i-3、反光镜2225i-3、半反光镜2226i-3、反光镜2227i-3以及反光镜2228i-3。

[0660] 图56所示的光检测装置25i-3的棱镜单元250i-2与图55所示的光检测装置25i-2的棱镜单元250i-2同样地,射出作为p偏振光的测量光ML#11、以及作为p偏振光的测量光ML#21。此外,在第三具体例中,也可相对于棱镜单元250i-2内的未图示的偏振光分离面来定义p偏振光以及s偏振光。此处,p偏振光也可称为第一偏振光,s偏振光也可称为与第一偏振光正交的第二偏振光。

[0661] 在棱镜单元250i-2中射出的测量光ML#11入射到1/2波长板251i-3。其结果,从1/2波长板251i-3射出作为s偏振光的测量光ML#11。从1/2波长板251i-3射出的测量光ML#11经由透镜252i-3而入射到光传输构件26i-3所包括的保偏光纤261i-3。此外,透镜252i-3是用于使作为平行光的测量光ML#11入射到保偏光纤261i-3的光学元件。透镜252i-3使测量光ML#11聚光到保偏光纤261i-3的入射端面、特别是保偏光纤261i-3的芯部内。其结果,测量光ML#11经由保偏光纤261i-3,从光检测装置25i-3传输到测量头22i-3(特别是光学系统222i-3)。

[0662] 从光检测装置25i-3传输到测量头22i-3的测量光ML#11经由透镜22201i-3而入射到反光镜2225i-3。此外,透镜22201i-3是用于使经由保偏光纤261i-3而传输的测量光ML#11恢复为平行光的光学元件。入射到反光镜2225i-3的测量光ML#11被反光镜2225i-3反射,并入射到半反光镜2226i-3。

[0663] 另一方面,从棱镜单元250i-2射出的测量光ML#21经由透镜253i-3而入射到光传输构件26i-2所包括的保偏光纤262i-3。此外,透镜253i-3是用于使作为平行光的测量光ML#21入射到保偏光纤262i-3的光学元件。透镜253i-3使测量光ML#21聚光到保偏光纤262i-3的入射端面、特别是保偏光纤262i-3的芯部内。其结果,测量光ML#21经由保偏光纤262i-3,从光检测装置25i-3传输到测量头22i-3(特别是光学系统222i-3)。

[0664] 从光检测装置25i-3传输到测量头22i-3的测量光ML#21经由透镜22202i-3而入射到偏振分束器2221i-3。此外,透镜22202i-3是用于使经由保偏光纤262i-3而传输的测量光ML#21恢复为平行光的光学元件。入射到偏振分束器2221i-3的测量光ML#21通过偏振分束器2221i-3,并入射到检流计镜2222i-3。检流计镜2222i-3具有与所述检流计镜2228相同的

结构。检流计镜2222i-3通过变更测量光ML#21的行进方向,使测量光ML#21在测量对象物上的照射位置沿着X轴及Y轴的各个变化。从检流计镜2222i-3射出的测量光ML#21经由聚光光学系统2223i-3及1/4波长板2224i-3而照射到测量对象物。因此,对测量对象物照射作为圆偏振光的测量光ML#21。被测量对象物反射的测量光ML#21作为返回光RL而通过1/4波长板2224i-3。其结果,从1/4波长板2224i-3射出作为s偏振光的返回光RL。从1/4波长板2224i-3射出的返回光RL经由聚光光学系统2223i-3及检流计镜2222i-3而入射到偏振分束器2221i-3,被偏振分束器2221i-3反射,被反光镜2227i-3反射,入射到半反光镜2226i-3。

[0665] 相当于入射到半反光镜2226i-3的测量光ML#11中的一半的测量光ML#12通过半反光镜2226i-3。相当于入射到半反光镜2226i-3的测量光ML#11中的剩余一半的测量光ML#13被半反光镜2226i-3反射。同样地,相当于入射到半反光镜2226i-3的返回光RL中的一半的返回光RL#1通过半反光镜2226i-3。相当于入射到半反光镜2226i-3的返回光RL中的剩余部分的返回光RL#2被半反光镜2226i-3反射。

[0666] 通过了半反光镜2226i-3的返回光RL#1与半反光镜2226i-3所反射的测量光ML#13相互发生干涉。其结果,生成干涉光IL#1。半反光镜2226i-3所反射的返回光RL#2与通过了半反光镜2226i-3的测量光ML#12相互发生干涉。其结果,生成干涉光IL#2。

[0667] 干涉光IL#1经由透镜22203i-3而入射到光传输构件26i-2所包括的光纤263i-3。此外,透镜22203i-3是用于使作为平行光的干涉光IL#1入射到光纤263i-3的光学元件。其结果,干涉光IL#1经由光纤263i-3,从测量头22i-3(特别是光学系统222i-3)传输到光检测装置25i-3。从测量头22i-3传输到光检测装置25i-3的干涉光IL#1经由透镜254i-3而入射到光检测器256i-3。此外,透镜254i-3是用于使经由保偏光纤263i-3而传输的干涉光IL#1恢复为平行光的光学元件。其结果,光检测器256i-3对干涉光#1进行检测。

[0668] 干涉光IL#2经由透镜22204i-3而入射到光传输构件26i-2所包括的光纤264i-3。此外,透镜22204i-3是用于使作为平行光的干涉光IL#2入射到光纤264i-3的光学元件。其结果,干涉光IL#2经由光纤264i-3,从测量头22i-3(特别是光学系统222i-3)传输到光检测装置25i-3。从测量头22i-3传输到光检测装置25i-3的干涉光IL#2经由透镜255i-3而入射到光检测器257i-3。此外,透镜255i-3是用于使经由保偏光纤264i-3而传输的干涉光IL#2恢复为平行光的光学元件。其结果,光检测器257i-3对干涉光#2进行检测。

[0669] 因此,包括测量头22i-3的测量系统2可基于光检测器256i-3及光检测器257i-3各自的检测结果,算出测量头22i-3与测量对象物之间的距离。

[0670] 此处,如上所述,测量装置20i-3分别经由光纤263i-3及光纤264i-3,将测量头22i-3中产生的干涉光IL#1及干涉光IL#2的各个从光检测装置25i-3传输到测量头22i-3(特别是光学系统222i-3)。因此,与经由光纤263i-3及光纤264i-3而传输测量光ML#12、测量光ML#13、返回光RL#1及返回光RL#2的情况相比,光检测器256i-3及光检测器257i-3各自的检测结果中所含的噪声降低。其原因在于,干涉光IL#1及干涉光IL#2是进行了强度调制的光,因此与测量光ML#12、测量光ML#13、返回光RL#1及返回光RL#2相比,不易受到外部干扰的影响。因此,包括测量装置20i-3的测量系统2可进一步精度良好地算出测量头22i-3与测量对象物之间的距离。其结果,测量系统2可进一步精度良好地算出测量头22i-3及测量对象物各自的位置。

[0671] 此外,所述第一变形例至第八变形例的至少一个中的加工系统SYS也可包括第九

变形例的测量头22i。即,也可使第一变形例至第八变形例中的至少一个与第九变形例组合。

[0672] (4-10) 第十变形例

[0673] 第十变形例的加工系统SYS可通过进行以下所示的动作,基于来自测量对象物的返回光RL的受光结果而算出测量头22与测量对象物之间的距离。此外,在以下,作为一例,对算出作为测量对象物的一例的基准构件FM与测量头22之间的距离的动作进行说明。

[0674] 具体而言,如图57所示,测量头22可在测量控制装置24的控制下,反复多次进行对一个基准构件FM照射测量光ML且接收来自一个基准构件FM的返回光RL的单位测量动作。此外,图57分开记载了测量光ML的光路与返回光RL的光路以便于观看附图,但实际上,测量光ML的光路与返回光RL的光路也可重合。在所述情况下,测量控制装置24可以单位测量动作的进行次数反复进行如下动作,即,基于一次单位测量动作中的返回光RL的受光结果,算出测量头22与一个基准构件FM之间的距离作为暂定值。其结果,测量控制装置24可算出多个距离的暂定值。然后,测量控制装置24可基于多个距离的暂定值,算出测量头22与一个基准构件FM之间的距离的确定值。例如,测量控制装置24可算出多个距离的暂定值的平均值,作为测量头22与一个基准构件FM之间的距离的确定值。

[0675] 其结果,在第十变形例中,与不基于多个距离的暂定值而算出测量头22与一个基准构件FM之间的距离的确定值的情况相比,测量控制装置24可进一步精度良好地算出测量头22与一个基准构件FM之间的距离。其原因在于,即使在一次单位测量动作中的返回光RL的受光结果中偶发性地包含外部干扰的影响,也可通过多次单位测量动作而将所述外部干扰的影响平均化。

[0676] 在进行多个单位测量动作的情况下,如图58所示,测量头22可在测量控制装置24的控制下,每当进行一次单位测量动作时,使检流计镜2228的扫描镜22281微振动。此外,图58分开记载了测量光ML的光路与返回光RL的光路以便于观看附图,但实际上,测量光ML的光路与返回光RL的光路也可重合。具体而言,测量头22可在将扫描镜22281的旋转角度设定为能够实现从扫描镜22281射出的测量光ML照射到一个基准构件FM的状态的第一角度后,对一个基准构件FM照射测量光ML,且接收来自一个基准构件FM的返回光RL。然后,测量头22可停止测量光ML的射出。但是,测量头22也可继续射出测量光ML。然后,测量头22可使扫描镜22281旋转,以使扫描镜22281的旋转角度成为与第一角度不同的第二角度。然后,测量头22可使扫描镜22281旋转,以使扫描镜22281的旋转角度从第二角度恢复为第一角度。在第十变形例中,此种将扫描镜22281的旋转角度从第一角度变更为第二角度、然后从第二角度恢复为第一角度的动作称为扫描镜22281的微振动。然后,测量头22可对一个基准构件FM照射测量光ML,且接收来自一个基准构件FM的返回光RL。然后,测量头22可反复进行同样的动作。

[0677] 在像这样使扫描镜22281微振动的情况下,与不使扫描镜22281微振动的情况相比,可降低扫描镜22281与扫描镜22281周围的构件之间的间隙的尺寸对距离的测量精度造成的影响。其原因在于,由于扫描镜22281的微振动,每当进行单位测量动作时,间隙的尺寸改变,结果,间隙的尺寸对距离的测量精度造成的影响被平均化。因此,测量控制装置24可降低扫描镜22281与扫描镜22281周围的构件之间的间隙的尺寸的影响,同时进一步精度良好地算出测量头22与一个基准构件FM之间的距离。

[0678] 此外,扫描镜22281与扫描镜22281周围之间的间隙也可称为游隙。此种间隙可形成用以避免伴随扫描镜22281的旋转的、扫描镜22281与周围构件的碰撞。

[0679] 此外,所述第一变形例至第九变形例的至少一个中的加工系统SYS也可通过第十变形例中记载的方法来算出测量头22与测量对象物之间的距离。即,也可使第一变形例至第九变形例中的至少一个与第十变形例组合。

[0680] (4-11) 第十一变形例

[0681] 继而,参照图59,对第十一变形例的加工系统SYS进行说明。图59是表示第十一变形例的加工系统SYS的系统结构的框图。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将第十一变形例的加工系统SYS称为加工系统SYS11。

[0682] 如图59所示,第十一变形例的加工系统SYS11与所述加工系统SYS相比的不同之处在于,包括机床1k来代替机床1。加工系统SYS11的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。机床1k与机床1相比的不同之处在于,包括温度传感器17k。机床1k的其他特征可与机床1的其他特征相同。

[0683] 温度传感器17k能够对机床1k的温度进行检测。表示温度传感器17k对温度的测量结果的温度信息可从温度传感器17k输出到加工控制装置16。表示温度传感器17k对温度的测量结果的温度信息也可从温度传感器17k经由加工控制装置16而输出到测量控制装置24。

[0684] 测量控制装置24在基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果算出基准构件FM的位置的情况下,可参照温度信息。即,测量控制装置24可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果以及温度信息,算出基准构件FM的位置。此外,虽然以下为了省略重复说明而省略其详细说明,但测量控制装置24也可基于来自与基准构件FM不同的任意测量对象物的返回光RL的受光结果以及温度信息,算出与基准构件FM不同的任意测量对象物的位置。

[0685] 如此,在第十一变形例中,加工系统SYS11可实施用于降低由机床1k的温度引起的影响的温度对策。继而,对温度对策的具体例依次进行说明。

[0686] (4-11-1) 工件W及载台141的温度对策

[0687] 温度传感器17k可为能够测量工件W及载台141中的至少一者的温度作为机床1的温度。在所述情况下,测量控制装置24可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果、以及工件W及载台141中的至少一者的温度相关的温度信息,算出基准构件FM的位置。

[0688] 具体而言,如图60所示,若工件W的温度改变,则工件W有膨胀或收缩的可能性。同样地,在载台141的温度改变的情况下,由于载台141的温度会对载台141上所载置的工件W的温度造成影响,因此工件W也有热膨胀或热收缩的可能性。进而,虽然为了省略重复说明而未进行图示,但在载台141的温度改变的情况下,载台141自身也有热膨胀或热收缩的可能性。进而,载台141上所载置的工件W追随载台141的热膨胀或热收缩而变形,因此工件W的状态有实质上与工件W热膨胀或热收缩的状态等价的可能性。此外,图60示出了工件W热膨胀的例子。其结果,如图60所示,由于工件W的热膨胀或热收缩(即,工件W的变形,以下相同),工件W上所配置的基准构件FM的位置暂时性变化。同样地,由于载台141的热膨胀或热收缩(载台141的变形,以下相同),载台141上所配置的基准构件FM的位置暂时性变化。在所述情况下,测量控制装置24并非算出本来应算出的距离L111,而是算出包含由热膨胀或热收缩引起的变动成分 ΔL 的距离L112来作为测量头22与基准构件FM之间的距离L。

[0689] 因此,在第十一变形例中,测量控制装置24可基于温度信息算出所述变动成分 ΔL 。例如,测量控制装置24可使用表示温度信息所表示的载台141及工件W中的至少一者的温度与变动成分 ΔL 的关系的表等,算出变动成分 ΔL 。然后,测量控制装置24可使用基于温度信息而算出的变动成分 ΔL ,对基于返回光RL的受光结果而算出的距离L进行修正。例如,测量控制装置24可通过对距离L加上或减去变动成分 ΔL 而对距离L进行修正。然后,测量控制装置24可使用修正后的距离L,算出所述测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置。

[0690] 其结果,测量控制装置24即使在载台141及工件W中的至少一者热膨胀或热收缩的情况下,也与载台141及工件W中的至少一者未热膨胀或热收缩的情况同样地,可精度良好地算出测量头22与基准构件FM之间的距离。

[0691] 在图61的(a)至图61的(d)中示出能够对载台141及工件W中的至少一者的温度进行测量的温度传感器17k的一例。

[0692] 如图61的(a)所示,可在工件W上配置温度传感器17k。在所述情况下,温度传感器17k可适当地测量工件W的温度。

[0693] 如图61的(b)所示,也可在载台141上配置温度传感器17k。在所述情况下,温度传感器17k可适当地测量载台141的温度。此外,也可在载台141及工件W上分别配置温度传感器17k。

[0694] 如图61的(c)所示,也可使用作为温度传感器17k的一例的热像照相机17k-1,来检测载台141及工件W中的至少一者的温度。在所述情况下,热像照相机17k-1的拍摄范围中可包含载台141及工件W双方。在所述情况下,热像照相机17k-1可同时测量载台141的温度以及工件W的温度。

[0695] 如图61的(d)所示,也可在基准构件FM上配置温度传感器17k。作为一例,可在基准构件FM中内置温度传感器17k。此外,在基准构件FM上配置温度传感器17k的状态也可包含在基准构件FM本身配置温度传感器17k的状态。在基准构件FM上配置温度传感器17k的状态也可包含在对基准构件FM进行支撑的支撑构件上配置温度传感器17k的状态。在所述情况下,当将配置有温度传感器17k的基准构件FM配置在载台141上时,温度传感器17k可适当地测量载台141的温度。当将配置有温度传感器17k的基准构件FM配置在工件W上时,温度传感器17k可适当地测量工件W的温度。除此之外,在所述情况下,可减少分开配置温度传感器17k与基准构件FM的麻烦。

[0696] 如上所述,工件W产生热膨胀或热收缩的原因之一是载台141上所载置的工件W追随载台141的热膨胀或热收缩而变形。在所述情况下,如图62的(a)所示,工件W也可经由由低热膨胀构件形成的支撑构件144k而载置在载台141上。低热膨胀构件可为线膨胀系数为规定值以下的构件。作为规定值的一例,可列举比载台141的热膨胀系数小的值。即,在所述一例中,支撑构件144k的线膨胀系数可比载台141的线膨胀系数小。在所述情况下,即使载台141的热被传递到支撑构件144k,支撑构件144k大幅膨胀或收缩的可能性也小。其结果,支撑构件144k所支撑的工件W大幅膨胀或收缩的可能性也小。在所述情况下,测量控制装置24可在不使用温度信息的情况下算出基准构件FM的位置。或者,即使在所述情况下,测量控制装置24也可基于温度信息算出基准构件FM的位置。

[0697] 如上所述,工件W产生热膨胀或热收缩的原因之一是载台141的热被传递到工件W。在所述情况下,如图62的(b)所示,工件W也可经由由绝热材料形成的支撑构件145k而载置

在载台141上。绝热材料可为热传导率为规定值以下的构件。在所述情况下,即使载台141的热被传递到支撑构件144k,传递到支撑构件144k的热也不易传递到工件W。其结果,工件W大幅膨胀或收缩的可能性小。在所述情况下,测量控制装置24可在不使用温度信息的情况下算出基准构件FM的位置。或者,即使在所述情况下,测量控制装置24也可基于温度信息算出基准构件FM的位置。

[0698] (4-11-2) 光路空间的温度对策

[0699] 温度传感器17k可为能够测量包含测量光ML及返回光RL中的至少一者的光路的光路空间的温度作为机床1的温度。例如,温度传感器17k可为能够测量测量头22与工件W之间的包含测量光ML及返回光RL中的至少一者的光路的光路空间的温度。例如,温度传感器17k可为能够测量测量头22与载台141之间的包含测量光ML及返回光RL中的至少一者的光路的光路空间的温度。例如,温度传感器17k可为能够测量测量头22与基准构件FM之间的包含测量光ML及返回光RL中的至少一者的光路的光路空间的温度。在所述情况下,测量控制装置24可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果、以及与光路空间的温度相关的温度信息,算出基准构件FM的位置。

[0700] 当光路空间的温度改变时,光路空间的折射率改变。因此,测量光ML的光学距离改变。其结果,测量控制装置24算出包含由折射率的变化引起的距离L的变动成分 ΔL 的距离作为测量头22与基准构件FM之间的距离L。因此,在第十一变形例中,测量控制装置24可基于温度信息算出所述变动成分 ΔL 。例如,测量控制装置24可使用表示温度信息所表示的光路空间的温度与变动成分 ΔL 的关系的表等,算出变动成分 ΔL 。然后,测量控制装置24可使用基于温度信息而算出的变动成分 ΔL ,对基于返回光RL的受光结果而算出的距离L进行修正。例如,测量控制装置24可在与对距离L加上或减去变动成分 ΔL 而对距离L进行修正。然后,测量控制装置24可使用修正后的距离L,算出所述测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置。

[0701] 其结果,测量控制装置24即使在光路空间的温度变动的情况下,也与光路空间的温度未变动的情况同样地,可精度良好地算出测量头22与基准构件FM之间的距离。

[0702] (4-11-3) 测量头22的温度对策

[0703] 温度传感器17k可为能够对测量头22的温度进行测量。例如,温度传感器17k可配置在头框体221的内部,并测量头框体221内部的空间的温度作为测量头22的温度。在所述情况下,测量控制装置24可基于来自基准构件FM的返回光RL的受光结果、以及与工件W及载台141中的至少一者的温度相关的温度信息,算出基准构件FM的位置。

[0704] 具体而言,若测量头22的温度改变,则测量头22有可能热膨胀或热收缩。在所述情况下,测量控制装置24算出包含由测量头22的热膨胀或热收缩引起的距离L的变动成分 ΔL 的距离作为测量头22与基准构件FM之间的距离L。因此,在第十一变形例中,测量控制装置24可基于温度信息算出所述变动成分 ΔL 。例如,测量控制装置24可使用表示温度信息所表示的测量头22的温度与变动成分 ΔL 的关系的表等,算出变动成分 ΔL 。然后,测量控制装置24可使用基于温度信息而算出的变动成分 ΔL ,对基于返回光RL的受光结果而算出的距离L进行修正。例如,测量控制装置24可在与对距离L加上或减去变动成分 ΔL 而对距离L进行修正。然后,测量控制装置24可使用修正后的距离L,算出所述测量点MP及基准构件FM中的至少一者的位置。

[0705] 其结果,测量控制装置24即使在测量头22热膨胀或热收缩的情况下,也与测量头22未热膨胀或热收缩的情况同样地,可精度良好地算出测量头22与基准构件FM之间的距离。

[0706] 或者,由测量头22的热膨胀或热收缩引起的Z轴方向(即,铅垂方向)上的测量头22的变形对距离L的影响比由测量头22的热膨胀或热收缩引起的与Z轴方向不同的方向(例如X轴方向及Y轴方向中的至少一者)上的测量头22的变形对距离L的影响大。因此,测量系统2可算出由测量头22的热膨胀或热收缩引起的Z轴方向(即,铅垂方向)上的测量头22的变形量 Δm_z ,并基于所算出的变形量 Δm_z ,算出测量头22与基准构件FM之间的距离。

[0707] 具体而言,如图63所示,测量头22可在测量控制装置24的控制下,在第一时刻对基准构件FM照射测量光ML,且接收来自基准构件FM的返回光RL。然后,测量控制装置24可基于返回光RL的受光结果,算出第一时刻下的测量头22与基准构件FM之间的距离。进而,测量控制装置24也可从头位置测量装置13获取与第一时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)相关的信息。

[0708] 此外,当算出变形量 Δm_z 时,测量头22也可经由形成有狭缝的狭缝构件27k,对基准构件FM照射测量光ML。狭缝构件27k可以测量头22、狭缝与基准构件FM沿着Z轴方向排列的方式配置。在所述情况下,测量头22可将沿着Z轴方向传播的测量光ML适当地照射到基准构件FM。其结果,测量控制装置24可基于返回光RL的受光结果,算出Z轴方向上的测量头22与基准构件FM之间的距离。

[0709] 然后,测量头22可在测量控制装置24的控制下,在与第一时刻不同的第二时刻,对在第一时刻照射了测量光ML的同一基准构件FM照射测量光ML,且接收来自基准构件FM的返回光RL。然后,测量控制装置24可基于返回光RL的受光结果,算出第二时刻下的测量头22与基准构件FM之间的距离。此处,加工控制装置16可在测量控制装置24的控制下,对头驱动系统12进行控制,以使加工头11沿着Z轴方向移动,使得基于第二时刻下的返回光RL的受光结果算出的距离与基于第一时刻下的返回光RL的受光结果算出的距离相同。进而,测量控制装置24也可从头位置测量装置13获取如下信息作为与第二时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)相关的信息:所述信息是与基于第二时刻下的返回光RL的受光结果算出的距离和基于第一时刻下的返回光RL的受光结果算出的距离变得相同的时间点下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)相关的信息。

[0710] 此处,在测量头22因测量头22的热膨胀或热收缩而沿着Z轴方向变形的情况下,如图63所示,第二时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)与第一时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)不一致。其原因在于,由于Z轴方向上的测量头22的变形,Z轴方向上的加工头11的位置改变。另一方面,在测量头22未因测量头22的热膨胀或热收缩而沿着Z轴方向变形的情况下,如图64所示,第二时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)与第一时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)一致。因此,测量控制装置24可基于第二时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)与第一时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)的差值,算出Z轴方向(即,铅垂方向)上的测量头22的变形量 Δm_z 。具体而言,测量控制装置24可算出第二时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)与第一时刻下的加工头11的位置(特别是Z轴方向上的位置)在Z轴方向上的差值,作为Z轴方向(即,铅垂方向)上的测量头22的变形量 Δm_z 。

[0711] 此外,为了促进测量头22的散热,在头框体221内发热的热源可与头框体221热连接(连结)。在所述情况下,热源发出的热可经由头框体221释放到头框体221的外部。作为在头框体221内发热的热源的一例,可列举形成有用于驱动检流计镜2228的驱动电路的电路板。作为在头框体221内发热的热源的一例,也可列举驱动检流计镜2228的致动器。作为在头框体221内发热的热源的一例,还可列举配置在头框体221内的任意的电路板。

[0712] 此外,所述第一变形例至第十变形例的至少一个中的加工系统SYS也可包括第十一变形例中记载的温度传感器17k。即,也可使第一变形例至第十变形例中的至少一个与第十一变形例组合。

[0713] (4-12) 第十二变形例

[0714] 继而,参照图65,对第十二变形例的加工系统SYS进行说明。图65是表示第十二变形例的加工系统SYS的系统结构的框图。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将第十二变形例的加工系统SYS称为加工系统SYS12。

[0715] 如图65所示,第十二变形例的加工系统SYS12与所述加工系统SYS相比的不同之处在于,包括机床11来代替机床1。加工系统SYS12的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。机床11与机床1相比的不同之处在于,包括加工头111来代替加工头11。机床11的其他特征可与机床1的其他特征相同。加工头111与加工头11相比的不同之处在于,能够使用加工光对工件W进行加工。加工头111的其他特征可与加工头11的其他特征相同。

[0716] 为了使用加工光对工件W进行加工,加工头111可包括加工光学系统1111。加工光学系统1111可收容在加工头111的头框体中。加工光学系统1111也可组装在加工头111上。加工光学系统1111朝向工件W射出未图示的加工光源所生成的加工光。机床11可使加工头111及载台141中的至少一者移动,同时从加工光学系统1111对工件W照射加工光,由此对工件W进行加工。例如,机床11可通过对工件W照射加工光来对工件W进行附加加工。机床11也可通过对工件W照射加工光来对工件W进行去除加工。此外,使用加工光对工件W进行加工的机床11也可称为光加工机。

[0717] 此外,在加工光学系统1111能够从加工头111装卸的情况下,测量头22可组装在加工头111中的供组装加工光学系统1111的组装部上。在加工光学系统1111无法从加工头111装卸的情况下,测量头22可组装在加工头111中的相对于供组装加工光学系统1111的组装部而言相对接近的位置。测量头22可组装在加工头111中的与供组装加工光学系统1111的组装部尽可能接近的位置。

[0718] 另外,机床11也可通过对工件W照射与加工光这种光不同的能量束来对工件W进行加工。作为能量束,可使用带电粒子束(例如电子束或离子束)及电磁波中的至少一个。

[0719] 此外,所述第一变形例至第十一变形例的至少一个中的加工系统SYS也可能够使用加工光对工件W进行加工。即,也可使第一变形例至第十一变形例中的至少一个与第十二变形例组合。

[0720] (4-13) 第十三变形例

[0721] 继而,参照图66,对第十三变形例的加工系统SYS进行说明。图66是表示第十三变形例的加工系统SYS的系统结构的框图。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将第十三变形例的加工系统SYS称为加工系统SYS13。

[0722] 如图66所示,第十三变形例的加工系统SYS13与所述加工系统SYS相比的不同之处

在于,包括机床1m来代替机床1。加工系统SYS13的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。机床1m与机床1相比的不同之处在于,可为不能对工件W进行加工。在所述情况下,机床1m与机床1相比的不同之处在于,包括通过头驱动系统12而能够移动的移动头11m来代替加工头11。机床1m的其他特征可与机床1的其他特征相同。此外,由于机床1m可为不能对工件W进行加工,因此为了消除因机床这一语句而可能产生的误解,在以下的说明中,将包括移动头11m的机床1m称为“移动装置1m”

[0723] 如图66所示,移动头11m与加工头11相比的不同之处在于,可为不能对工件W进行加工。移动头11m的其他特征可与加工头11的其他特征相同。

[0724] 移动头11m可包括测量装置(测量部)111m。测量装置111m可收容在移动头11m的头框体中。测量装置111m也可组装在移动头11m上。测量装置111m例如可为能够对测量对象物的位置、测量对象物的形状、测量装置111m与测量对象物之间的距离、从测量装置111m观察到的测量对象物的方向、测量对象物的反射率、测量对象物的透射率、测量对象物的温度、测量对象物的内部结构、以及测量对象物的表面粗糙度中的至少一个进行测量的装置。测量装置111m能够对测量对象物进行测量。测量装置111m测量的测量对象物可与测量系统2测量的测量对象物相同,也可不同。作为一例,测量装置111m可为能够对工件W进行测量。测量装置111m可为能够以非接触方式对测量对象物进行测量。测量装置111m也可为能够以光学方式对测量对象物进行测量。测量装置111m也可为能够以电方式对测量对象物进行测量。测量装置111m也可为能够以磁方式对测量对象物进行测量。测量装置111m也可为能够以热方式对测量对象物进行测量。测量装置111m也可为能够使用与测量对象物物理接触的探针来对测量对象物进行测量。

[0725] 此外,例如,在测量装置111m能够对测量对象物的位置、测量对象物的形状、测量装置111m与测量对象物之间的距离、以及测量对象物的表面粗糙度形状中的至少一个进行测量的情况下,测量装置111m可通过对测量对象物照射光且接收来自照射了光的测量对象物的返回光而对测量对象物进行测量。例如,测量装置111m可为干涉方式的测量装置。但是,只要可对测量对象物进行测量,则测量装置111m也可不为干涉方式的测量装置。例如,测量装置111m也可为三角测量方式的测量装置。测量装置111m也可为立体方式的测量装置。测量装置111m也可为相位偏移方式的测量装置。测量装置111m也可为共焦方式的测量装置。测量装置111m也可为ToF(Time of Flight)方式的测量装置。测量装置111m也可为FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave)方式的测量装置。测量装置111m也可为通过与测量对象物物理接触而能够对测量对象物的三维坐标进行测量的接触式探针。

[0726] 移动装置1m可使移动头11m及载台141中的至少一者移动,同时使用测量装置111m对测量对象物进行测量。此外,在移动头11m包括能够对测量对象物进行测量的测量装置111m的情况下,移动头11m也可称为测量头。例如,在移动头11m包括测量装置111m的情况下,移动装置1m也可称为工件测量装置、测量装置或物体测量装置。在所述情况下,移动装置1m能够作为三维测定机(三坐标测量机(CMM:Coordinate Measuring Machine))发挥功能。

[0727] 此外,在测量装置111m能够从移动头11m装卸的情况下,测量头22可组装在移动头11m中的供组装测量装置111m的组装部上。在测量装置111m无法从移动头11m装卸的情况下,测量头22可组装在移动头11m中的相对于供组装测量装置111m的组装部而言相对接近

的位置。测量头22可组装在移动头11m中的与供组装测量装置111m的组装部尽可能接近的位置。

[0728] 此外,所述第一变形例至第十二变形例的至少一个中的加工系统SYS也可不能对工件W进行加工。所述第一变形例至第十二变形例的至少一个中的加工系统SYS也可包括第十三变形例中的移动头11m。即,也可使第一变形例至第十二变形例中的至少一个与第十三变形例组合。

[0729] (4-14) 第十四变形例

[0730] 继而,对第十四变形例的加工系统SYS进行说明。此外,在以下的说明中,为了便于说明,将第十四变形例的加工系统SYS称为加工系统SYS14。第十四变形例的加工系统SYS14与所述加工系统SYS相比的不同之处在于,包括机床1n来代替机床1。加工系统SYS14的其他特征可与加工系统SYS的其他特征相同。机床1n与机床1相比的不同之处在于,包括头驱动系统12n来代替头驱动系统12。机床1n的其他特征可与机床1的其他特征相同。以下,参照图67,对第十四变形例中的头驱动系统12n进行说明。图67是表示第十四变形例中的头驱动系统12n的结构的侧视图。

[0731] 如图67所示,头驱动系统12n与头驱动系统12相比的不同之处可在于,其为机器人臂。机器人臂可为具有三轴以上的自由度的机械手(manipulator)。机器人臂可作为具有所谓的垂直多关节结构的机器人发挥功能。机器人臂也可作为具有水平多关节结构的机器人极坐标型机器人发挥功能。机器人臂也可作为圆筒坐标型机器人发挥功能。机器人臂也可作为直角坐标型机器人发挥功能。机器人臂也可作为并联连杆型机器人发挥功能。也可在机器人臂的前端组装加工头11。即,也可在机器人臂上组装加工头11来作为末端执行器。头驱动系统12n的其他方面可与头驱动系统12的其他特征相同。

[0732] 此外,所述第一变形例至第十三变形例的至少一个中的加工系统SYS也可包括头驱动系统12n来代替头驱动系统12。即,也可使第一变形例至第十三变形例中的至少一个与第十四变形例组合。

[0733] (4-15) 其他变形例

[0734] 在上述说明中,测量装置20是利用光梳光源作为测量光源21的干涉方式的测量装置。然而,测量装置20也可利用与光梳光源不同的光源作为测量光源21的干涉方式的测量装置。例如,测量装置20也可作为光学相干断层成像(光学相干断层扫描(OCT:Optical Coherence Tomography))方式的测量装置。OCT方式的测量装置的一例在日本专利特开2020-101499号公报中有所记载。例如,测量装置20可为包括白光共焦位移计的测量装置。白光共焦位移计的一例在日本专利特开2020-085633号公报中有所记载。例如,测量装置20也可作为相位调制方式的测量装置。相位调制方式的测量装置的一例在日本专利特开2010-025922号公报中有所记载。例如,测量装置20也可作为强度调制方式的测量装置。强度调制方式的测量装置的一例在日本专利特开2016-510415号公报及美国专利申请公开第2014/226145号说明书中有所记载。

[0735] 在上述说明中,机床1包括头驱动系统12。即,加工头11能够移动。然而,机床1也可不包括头驱动系统12。即,加工头11也可不能移动。

[0736] 在上述说明中,机床1包括载台驱动系统142。即,载台141能够移动。然而,机床1也可不包括载台驱动系统142。即,载台141也可不能移动。

[0737] 此外,所述第一变形例至第十四变形例中的至少一个所固有的特征也可由所述第一变形例至第十四变形例中的至少另一个使用。即,也可使用选自所述第一变形例至第十四变形例中任意的至少两个变形例组合而成的加工系统SYS。

[0738] (5) 附记

[0739] 关于以上所说明的实施方式,进一步公开以下附记。

[0740] [附记1]

[0741] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[0742] 所述测量系统包括:

[0743] 光学装置,接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[0744] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[0745] [附记2]

[0746] 根据附记1所述的测量系统,其中,

[0747] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0748] [附记3]

[0749] 根据附记1或2所述的测量系统,其中,

[0750] 所述光学装置接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光,

[0751] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0752] [附记4]

[0753] 根据附记1至3中任一项所述的测量系统,其中,

[0754] 所述光学装置接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光,

[0755] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0756] [附记5]

[0757] 根据附记1至4中任一项所述的测量系统,其中,

[0758] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[0759] [附记6]

[0760] 根据附记1至5中任一项所述的测量系统,其中,

[0761] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[0762] [附记7]

[0763] 根据附记1至6中任一项所述的测量系统,其中,

[0764] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[0765] [附记8]

- [0766] 根据附记1至7中任一项所述的测量系统,其中,
- [0767] 所述运算部基于所算出的所述距离,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。
- [0768] [附记9]
- [0769] 根据附记1至8中任一项所述的测量系统,其中,
- [0770] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成或修正用于对驱动系统进行控制的驱动控制信号,所述驱动系统用于使所述加工头移动。
- [0771] [附记10]
- [0772] 根据附记1至9中任一项所述的测量系统,其中,
- [0773] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成或修正用于对驱动系统进行控制的驱动控制信号,所述驱动系统用于使所述载台移动。
- [0774] [附记11]
- [0775] 根据附记1至10中任一项所述的测量系统,其中,
- [0776] 所述机床还包括对所述加工头及所述载台至少一者的位置进行测量的位置测量装置,
- [0777] 所述运算部基于所算出的所述距离,对所述位置测量装置对所述加工头及所述载台至少一者的位置的测量结果进行修正。
- [0778] [附记12]
- [0779] 根据附记1至11中任一项所述的测量系统,其中,
- [0780] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成用于对机床进行控制的信息。
- [0781] [附记13]
- [0782] 根据附记5所述的测量系统,其中,
- [0783] 所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [0784] [附记14]
- [0785] 根据附记5或13所述的测量系统,其中,
- [0786] 所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。
- [0787] [附记15]
- [0788] 根据附记5及13至14中任一项所述的测量系统,其中,
- [0789] 所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。
- [0790] [附记16]
- [0791] 根据附记5及13至15中任一项所述的测量系统,其中,
- [0792] 所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,生成或修正用于对驱动系统进行控制的驱动控制信号,所述驱动系统用于使所述加工头移动。
- [0793] [附记17]
- [0794] 根据附记5及13至16中任一项所述的测量系统,其中,

[0795] 所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,生成或修正用于对驱动系统进行控制的驱动控制信号,所述驱动系统用于使所述载台移动。

[0796] [附记18]

[0797] 根据附记5及13至17中任一项所述的测量系统,其中,

[0798] 所述机床还包括对所述加工头及所述载台至少一者的位置进行测量的位置测量装置,

[0799] 所述运算部基于与所述移动误差相关的信息,对所述位置测量装置对所述加工头及所述载台至少一者的位置的测量结果进行修正。

[0800] [附记19]

[0801] 根据附记1至18中任一项所述的测量系统,其中,

[0802] 所述运算部将所算出的与所述距离相关的距离信息输出到对所述机床进行控制的控制装置。

[0803] [附记20]

[0804] 根据附记19所述的测量系统,其中,

[0805] 所述控制装置基于所述距离信息,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[0806] [附记21]

[0807] 根据附记20所述的测量系统,其中,

[0808] 所述控制装置基于与所述移动误差相关的信息,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[0809] [附记22]

[0810] 根据附记20或21所述的测量系统,其中,

[0811] 所述控制装置基于与所述移动误差相关的信息,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[0812] [附记23]

[0813] 根据附记20至22中任一项所述的测量系统,其中,

[0814] 所述控制装置基于与所述移动误差相关的信息,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。

[0815] [附记24]

[0816] 根据附记20至23中任一项所述的测量系统,其中,

[0817] 所述控制装置基于与所述移动误差相关的信息,生成或修正用于对驱动系统进行控制的驱动控制信号,所述驱动系统用于使所述加工头移动。

[0818] [附记25]

[0819] 根据附记20至24中任一项所述的测量系统,其中,

[0820] 所述控制装置基于与所述移动误差相关的信息,生成或修正用于对驱动系统进行控制的驱动控制信号,所述驱动系统用于使所述载台移动。

[0821] [附记26]

[0822] 根据附记20至25中任一项所述的测量系统,其中,

[0823] 所述机床还包括对所述加工头及所述载台中的至少一者的位置进行测量的位置测量装置,

[0824] 所述控制装置基于与所述移动误差相关的信息,对所述位置测量装置对所述加工头及所述载台中的至少一者的位置的测量结果进行修正。

[0825] [附记27]

[0826] 根据附记1至26中任一项所述的测量系统,其中,

[0827] 每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[0828] 所述运算部基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的、所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所述距离,算出所述空间中的所述光学装置的位置。

[0829] [附记28]

[0830] 根据附记27所述的测量系统,其中,

[0831] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[0832] [附记29]

[0833] 根据附记28所述的测量系统,其中,

[0834] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于修正所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[0835] [附记30]

[0836] 根据附记28或29所述的测量系统,其中,

[0837] 在所述光学装置位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[0838] 所述运算部基于与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,生成与所述第二空间中的所述移动误差相关的信息,所述与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息是基于所述光学装置位于所述第一空间的状况下的所述光学装置中的受光结果而生成。

[0839] [附记31]

[0840] 根据附记28至30中任一项所述的测量系统,其中,

[0841] 在所述光学装置位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[0842] 所述运算部基于所述光学装置位于所述第一空间的状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述光学装置在所述第一空间中的位置,并基于所述光学装置在所述第一空间中的位置,算出所述光学装置在所述第二空间中的位置。

[0843] [附记32]

[0844] 根据附记28至31中任一项所述的测量系统,其中,

[0845] 在所述光学装置位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[0846] 所述运算部基于所述光学装置位于所述第一空间的状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述光学装置在所述第一空间中的位置,并基于所述光学装置在所述第一空间中的位置,生成与所述第二空间中的所述移动误差相关的信息。

[0847] [附记33]

[0848] 根据附记28至32中任一项所述的测量系统,其中,

[0849] 在所述光学装置位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[0850] 所述运算部基于所述光学装置位于所述第一空间的状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述光学装置在所述第一空间中的位置,并基于所述光学装置在所述第一空间中的位置,生成用于修正所述第二空间中的所述移动误差的信息。

[0851] [附记34]

[0852] 根据附记28至33中任一项所述的测量系统,其中,

[0853] 在所述光学装置位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[0854] 所述运算部基于所述光学装置位于所述第一空间的状况下的所述光学装置中的受光结果,生成用于修正所述第一空间中的所述移动误差的信息,并基于用于修正所述第一空间中的所述移动误差的信息,生成用于修正所述第二空间中的所述移动误差的信息。

[0855] [附记35]

[0856] 根据附记30至34中任一项所述的运算系统,其中,

[0857] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[0858] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[0859] 所述运算部基于如下的与所述移动误差相关的信息、即基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果而生成的与所述移动误差相关的信息、以及如下的与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息、即基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果而生成的与所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,生成与在所述工件载置在所述载台上的状况下产生的所述第二空间中的所述移动误差相关的信息。

[0860] [附记36]

[0861] 根据附记30至35中任一项所述的测量系统,其中,

[0862] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[0863] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[0864] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第一状况下的所述光学装置的位置,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第二状况下的所述光学装置在所述第一空间中的位置,并基于所述第一状况下的所述光学装置的位置以及所述第二状况下的所述光学装置在所述第一空间中的位置,算出所述工件载置在所述载台上的状况下的所述光学装置在所述第二空间中的位置。

[0865] [附记37]

[0866] 根据附记30至36中任一项所述的测量系统,其中,

[0867] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[0868] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[0869] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第一状况下的所述光学装置的位置,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第二状况下的所述光学装置在所述第一空间中的位置,并基于所述第一状况下的所述光学装置的位置以及所述第二状况下的所述光学装置在所述第一空间中的位置,生成与在所述工件载置在所述载台上的状况下产生的所述第二空间中的所述移动误差相关的信息。

[0870] [附记38]

[0871] 根据附记30至37中任一项所述的测量系统,其中,

[0872] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[0873] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[0874] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第一状况下的所述光学装置的位置,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第二状况下的所述光学装置在所述第一空间中的位置,并基于所述第一状况下的所述光学装置的位置以及所述第二状况下的所述光学装置在所述第一空间中的位置,生成用于修正在所述工件载置在所述载台上的状况下产生的所述第二空间中的所述移动误差的信息。

[0875] [附记39]

[0876] 根据附记30至38中任一项所述的测量系统,其中,

[0877] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[0878] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[0879] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出用于修正在所述第一状况下产生的所述移动误差的信息,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出用于修正在所述第二状况下的所述第一空间中产生的所述第一空间中的所述移动误差的信息,并基于用于修正在所述第一状况下产生的所述移动误差的信息、以及用于修正在所述第二状况下的所述第一空间中产生的所述第一空间中的所述移动误差的信息,生成用于修正在所述工件载置在所述载台上的状况下产生的所述第二空间中的所述移动误差的信息。

[0880] [附记40]

[0881] 根据附记35至39中任一项所述的测量系统,其中,

[0882] 所述第一状况下是所述光学装置位于第三空间的状况,所述第三空间包含在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间、以及在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间以外的空间。

[0883] [附记41]

[0884] 根据附记30至40中任一项所述的测量系统,其中,

[0885] 所述第一空间包含所述第二空间的周边的空间。

[0886] [附记42]

[0887] 根据附记30至41中任一项所述的测量系统,其中,

[0888] 所述第一空间包含所述第二空间的上方的空间及所述第二空间的侧方的空间中的至少一者。

[0889] [附记43]

[0890] 根据附记1至42中任一项所述的测量系统,其中,

[0891] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出配置在所述载台上所载置的所述工件上的所述基准构件的位置。

[0892] [附记44]

[0893] 根据附记43所述的测量系统,其中,

[0894] 所述运算部

[0895] 生成基于每当所述载台移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果而生成的、与所述载台移动到互不相同的多个位置的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及基于每当所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果而生成的、与所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者,

[0896] 基于所生成的所述空间中的所述移动误差、以及来自所述基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果,算出所述基准构件的位置。

[0897] [附记45]

[0898] 根据附记44所述的测量系统,其中,

[0899] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0900] [附记46]

[0901] 根据附记45所述的测量系统,其中,

[0902] 所述运算部基于所述基准构件的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[0903] [附记47]

[0904] 根据附记44至46中任一项所述的测量系统,其中,

[0905] 至少两个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0906] [附记48]

[0907] 根据附记47所述的测量系统,其中,

[0908] 所述运算部

[0909] 基于所生成的所述空间中的所述移动误差、以及来自所述至少两个基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果,算出所述至少两个基准构件的位置,

[0910] 基于所述至少两个基准构件的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[0911] [附记49]

[0912] 根据附记43所述的测量系统,其中,

[0913] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0914] [附记50]

[0915] 根据附记49所述的测量系统,其中,

[0916] 所述运算部基于所述基准构件的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[0917] [附记51]

[0918] 根据附记43及49至50中任一项所述的测量系统,其中,

[0919] 至少两个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0920] [附记52]

[0921] 根据附记51所述的测量系统,其中,

[0922] 所述运算部

[0923] 基于来自所述至少两个基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果,算出所述至少两个基准构件的位置,

[0924] 基于所述至少两个基准构件的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[0925] [附记53]

[0926] 根据附记1至52中任一项所述的测量系统,其中,

[0927] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置。

[0928] [附记54]

[0929] 根据附记53所述的测量系统,其中,

[0930] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[0931] [附记55]

[0932] 根据附记1至54中任一项所述的测量系统,其中,

[0933] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[0934] [附记56]

[0935] 根据附记1至55中任一项所述的测量系统,其中,

[0936] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。

[0937] [附记57]

[0938] 根据附记1至56中任一项所述的测量系统,其中,

[0939] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,

[0940] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,

[0941] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成用于修正所述测量路径的信息。

[0942] [附记58]

[0943] 根据附记1至57中任一项所述的测量系统,其中,

[0944] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,

[0945] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,

[0946] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,对所述测量路径进行修正。

[0947] [附记59]

[0948] 根据附记53至58中任一项所述的测量系统,其中,

[0949] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,

[0950] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的所述基准要素的位置作为所述工件的位置。

[0951] [附记60]

[0952] 根据附记53至59中任一项所述的测量系统,其中,

[0953] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,

[0954] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述基准要素的位置。

[0955] [附记61]

[0956] 根据附记53至60中任一项所述的测量系统,其中,

[0957] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,

[0958] 所述运算部

[0959] 生成基于每当所述载台移动时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果而生成的、与所述载台移动过的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及基于每当所述加工头移动时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果而生成的、与所述加工头移动过的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者,

[0960] 基于所生成的与所述空间中的所述移动误差相关的信息、以及来自配置在所述基准要素上的所述基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果,算出所述基准要素的位置。

[0961] [附记62]

[0962] 根据附记59至61中任一项所述的测量系统,其中,

[0963] 所述基准构件配置成与所述基准要素中所含的所述工件的基准要素点具有规定的位置关系,

[0964] 所述运算部算出所述基准要素点的位置作为所述工件的所述基准要素的位置。

[0965] [附记63]

[0966] 根据附记59至62中任一项所述的测量系统,其中,

[0967] 所述基准构件配置在所述基准要素中所含的所述工件的基准要素面上,

[0968] 所述运算部算出所述基准要素面的位置作为所述工件的所述基准要素的位置。

[0969] [附记64]

[0970] 根据附记59至63中任一项所述的测量系统,其中,

[0971] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[0972] [附记65]

[0973] 根据附记59至64中任一项所述的测量系统,其中,

[0974] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。

[0975] [附记66]

[0976] 根据附记59至65中任一项所述的测量系统,其中,

[0977] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自

所述工件的返回光,

[0978] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,

[0979] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置,生成用于修正所述测量路径的信息。

[0980] [附记67]

[0981] 根据附记59至66中任一项所述的测量系统,其中,

[0982] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,

[0983] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,

[0984] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置,对所述测量路径进行修正。

[0985] [附记68]

[0986] 根据附记1至67中任一项所述的测量系统,其中,

[0987] 至少两个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上,

[0988] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出配置在所述载台上所载置的所述工件上的所述至少两个基准构件各自的位置。

[0989] [附记69]

[0990] 根据附记68所述的测量系统,其中,

[0991] 所述运算部生成基于每当所述载台移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述载台移动到互不相同的多个位置的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及基于每当所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者,

[0992] 所述运算部基于所生成的所述空间中的所述移动误差、以及来自配置在所述工件上的所述至少两个基准构件的返回光在所述光学装置中的受光结果,算出所述至少两个基准构件的位置。

[0993] [附记70]

[0994] 根据附记1至69中任一项所述的测量系统,其中,

[0995] 至少两个基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上,

[0996] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[0997] [附记71]

[0998] 根据附记70所述的测量系统,其中,

[0999] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[1000] [附记72]

- [1001] 根据附记70或71所述的测量系统,其中,
- [1002] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。
- [1003] [附记73]
- [1004] 根据附记70至72中任一项所述的测量系统,其中,
- [1005] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,
- [1006] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,
- [1007] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述测量路径的信息。
- [1008] [附记74]
- [1009] 根据附记70至73中任一项所述的测量系统,其中,
- [1010] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,
- [1011] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,
- [1012] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,对所述测量路径进行修正。
- [1013] [附记75]
- [1014] 根据附记70至74中任一项所述的测量系统,其中,
- [1015] 所述至少两个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,
- [1016] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述工件的所述基准要素的位置,
- [1017] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。
- [1018] [附记76]
- [1019] 根据附记70至75中任一项所述的测量系统,其中,
- [1020] 所述至少两个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,
- [1021] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述基准要素的位置。
- [1022] [附记77]
- [1023] 根据附记70至76中任一项所述的测量系统,其中,
- [1024] 所述至少两个基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件的基准要素上,
- [1025] 所述运算部
- [1026] 生成基于每当所述载台移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光结果而生成的、与所述载台移动到互不相同的多个位置的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及基于每当所述加工头移动时由所述光学装置接收的来自所述至少两个基准构件的各个的返回光的受光

结果而生成的、与所述加工头移动过的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者，

[1027] 基于所生成的所述空间中的所述移动误差、以及来自配置在所述基准要素上的所述至少两个构件的各个的返回光在所述光学装置中的受光结果，算出所述基准要素的位置。

[1028] [附记78]

[1029] 根据附记70至77中任一项所述的测量系统，其中，

[1030] 所述至少两个基准构件分别配置成与所述基准要素中所含的所述工件的基准要素点具有规定的位置关系，

[1031] 所述运算部算出所述基准要素点的位置作为所述工件的所述基准要素的位置。

[1032] [附记79]

[1033] 根据附记70至78中任一项所述的测量系统，其中，

[1034] 所述至少两个基准构件分别配置在所述基准要素中所含的所述工件的基准要素面上，

[1035] 所述运算部算出所述基准要素面的位置作为所述工件的所述基准要素的位置。

[1036] [附记80]

[1037] 根据附记75至79中任一项所述的测量系统，其中，

[1038] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置，生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[1039] [附记81]

[1040] 根据附记75至80中任一项所述的测量系统，其中，

[1041] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置，对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。

[1042] [附记82]

[1043] 根据附记75至81中任一项所述的测量系统，其中，

[1044] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光，

[1045] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果，算出所述工件的三维形状，

[1046] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置，生成用于修正所述测量路径的信息。

[1047] [附记83]

[1048] 根据附记75至82中任一项所述的测量系统，其中，

[1049] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光，

[1050] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果，算出所述工件的三维形状，

[1051] 所述运算部基于所算出的所述基准要素的位置，对所述测量路径进行修正。

[1052] [附记84]

- [1053] 根据附记1至83中任一项所述的测量系统,其中,
- [1054] 所述光学装置接收通过对所述工件的规定部位照射所述测量光而产生的来自所述规定部位的返回光,
- [1055] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述规定部位的返回光的受光结果,算出所述规定部位的位置。
- [1056] [附记85]
- [1057] 根据附记1至84中任一项所述的测量系统,其中,
- [1058] 所述光学装置接收通过对所述工件的至少两个规定部位的各个照射所述测量光而产生的来自所述至少两个规定部位的各个的返回光,
- [1059] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述至少两个规定部位的各个的返回光的受光结果,算出所述至少两个规定部位的各个的位置。
- [1060] [附记86]
- [1061] 根据附记84或85所述的测量系统,其中,
- [1062] 所述规定部位包含所述工件的特征点。
- [1063] [附记87]
- [1064] 根据附记84至87中任一项所述的测量系统,其中,
- [1065] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述规定部位的返回光的受光结果,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。
- [1066] [附记88]
- [1067] 根据附记84至87中任一项所述的测量系统,其中,
- [1068] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述规定部位的返回光的受光结果,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。
- [1069] [附记89]
- [1070] 根据附记84至88中任一项所述的测量系统,其中,
- [1071] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,
- [1072] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,
- [1073] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述规定部位的返回光的受光结果,生成用于修正所述测量路径的信息。
- [1074] [附记90]
- [1075] 根据附记84至89中任一项所述的测量系统,其中,
- [1076] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,
- [1077] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,
- [1078] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述规定部位的返回光的受光结果,对所述测量路径进行修正。
- [1079] [附记91]

[1080] 根据附记84所述的测量系统,其中,

[1081] 所述运算部基于所述规定部位的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[1082] [附记92]

[1083] 根据附记85所述的测量系统,其中,

[1084] 所述运算部基于所述至少两个规定部位各自的位置,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[1085] [附记93]

[1086] 根据附记91或92所述的测量系统,其中,

[1087] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。

[1088] [附记94]

[1089] 根据附记91至93中任一项所述的测量系统,其中,

[1090] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。

[1091] [附记95]

[1092] 根据附记91至94中任一项所述的测量系统,其中,

[1093] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,

[1094] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,

[1095] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述测量路径的信息。

[1096] [附记96]

[1097] 根据附记91至95中任一项所述的测量系统,其中,

[1098] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,

[1099] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,

[1100] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,对所述测量路径进行修正。

[1101] [附记97]

[1102] 根据附记1至96中任一项所述的测量系统,其中,

[1103] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上,

[1104] 所述光学装置对所述基准构件照射会聚光作为所述测量光,

[1105] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[1106] [附记98]

- [1107] 根据附记1至96中任一项所述的测量系统,其中,
- [1108] 所述光学装置对所述规定部位照射会聚光作为所述测量光,
- [1109] 所述运算部基于对所述规定部位照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述规定部位的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。
- [1110] [附记99]
- [1111] 根据附记98所述的测量系统,其中,
- [1112] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述机床中的所述工件的加工路径的信息。
- [1113] [附记100]
- [1114] 根据附记98或99所述的测量系统,其中,
- [1115] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,对所述机床中的所述工件的加工路径进行修正。
- [1116] [附记101]
- [1117] 根据附记98至100中任一项所述的测量系统,其中,
- [1118] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,
- [1119] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,
- [1120] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,生成用于修正所述测量路径的信息。
- [1121] [附记102]
- [1122] 根据附记98至101中任一项所述的测量系统,其中,
- [1123] 所述光学装置接收通过沿着测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,
- [1124] 所述运算部基于所述光学装置对沿着所述测量路径对所述工件照射所述测量光而产生的、来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状,
- [1125] 所述运算部基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个的算出结果,对所述测量路径进行修正。
- [1126] [附记103]
- [1127] 根据附记1至102中任一项所述的测量系统,其中,
- [1128] 所述光学装置对所述工件照射会聚光作为所述测量光,
- [1129] 所述运算部基于对所述工件照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状。
- [1130] [附记104]
- [1131] 根据附记1至103中任一项所述的测量系统,其中,所述光学装置对所述基准构件照射平行光作为所述测量光,
- [1132] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述平行光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1133] [附记105]

[1134] 根据附记1至104中任一项所述的测量系统,其中,

[1135] 所述光学装置包括相对于所述测量光的光路能够移动的光学构件,

[1136] 在所述光学构件位于所述测量光的光路上的情况下,所述光学装置对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意一者作为所述测量光,

[1137] 在所述光学构件不位于所述测量光的光路上的情况下,所述光学装置对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意另一者作为所述测量光,

[1138] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个,

[1139] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述平行光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1140] [附记106]

[1141] 根据附记1至105中任一项所述的测量系统,其中,

[1142] 所述光学装置经由第一光学系统,对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意一者作为所述测量光,

[1143] 所述光学装置经由与所述第一光学系统至少部分不同的第二光学系统,对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意另一者作为所述测量光,

[1144] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个,

[1145] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述平行光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1146] [附记107]

[1147] 根据附记1至106中任一项所述的测量系统,其中,

[1148] 所述光学装置为第一光学装置,

[1149] 所述测量光是作为的平行光的第一测量光,

[1150] 所述运算部基于所述第一光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,

[1151] 所述测量系统还包括第二光学装置,所述第二光学装置接收通过对所述基准构件照射作为会聚光的第二测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[1152] 所述运算部基于所述第二光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个。

[1153] [附记108]

[1154] 根据附记1至107中任一项所述的测量系统,其中,

[1155] 所述光学装置接收通过对所述工件照射所述测量光而产生的来自所述工件的返回光,

[1156] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述工件的返回光的受光结果,算出所述工件的三维形状。

[1157] [附记109]

[1158] 根据附记108所述的测量系统,其中,

[1159] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者,

[1160] 所述光学装置以使所述测量光的照射位置在所述工件上沿着基于与所述移动误差相关的信息进行了修正的测量路径移动的方式,对所述工件照射所述测量光。

[1161] [附记110]

[1162] 根据附记109所述的测量系统,

[1163] 对所述加工头及所述载台中的至少一者进行控制,以使所述测量光的照射位置在所述工件上沿着基于与所述移动误差相关的信息进行了修正的测量路径移动。

[1164] [附记111]

[1165] 根据附记108至110中任一项所述的测量系统,其中,

[1166] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上,

[1167] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个,

[1168] 所述光学装置以使所述测量光的照射位置在所述工件上沿着基于所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个进行了修正的测量路径移动的方式,对所述工件照射所述测量光。

[1169] [附记112]

[1170] 根据附记1至111中任一项所述的测量系统,其中,

[1171] 所述运算部基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置。

[1172] [附记113]

[1173] 根据附记1至112中任一项所述的测量系统,其中,

[1174] 所述运算部基于由能够检测所述机床的温度的温度检测器检测出的所述机床的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置。

[1175] [附记114]

[1176] 根据附记113所述的测量系统,其中,

[1177] 所述温度检测器能够检测所述光学装置与所述工件之间的包含所述测量光的光路的空间的温度、所述载台的温度及所述工件的温度中的至少一个,作为所述机床的温度。

[1178] [附记115]

[1179] 根据附记112至114中任一项所述的测量系统,

[1180] 包括所述温度检测器。

[1181] [附记116]

[1182] 根据附记112至115中任一项所述的测量系统,其中,

[1183] 所述温度检测器包括热像照相机。

[1184] [附记117]

- [1185] 根据附记112至116中任一项所述的测量系统,其中,
- [1186] 所述基准构件经由对所述基准构件进行支撑的支撑构件而配置在所述载台或所述工件上,
- [1187] 所述温度检测器配置在所述支撑构件上。
- [1188] [附记118]
- [1189] 根据附记117所述的测量系统,其中。
- [1190] 由配置有所述温度检测器的所述支撑构件支撑的所述基准构件经由所述支撑构件而配置在所述工件上。
- [1191] [附记119]
- [1192] 根据附记1至118中任一项所述的测量系统,其中,
- [1193] 所述工件经由线膨胀系数为规定值以下的低热膨胀构件而载置在所述载台上。
- [1194] [附记120]
- [1195] 根据附记1至119中任一项所述的测量系统,其中,
- [1196] 所述基准构件为第一基准构件,
- [1197] 所述光学装置在第一时刻以及与所述第一时刻不同的第二时刻的各个时刻,对第二基准构件照射所述测量光,并基于由此产生的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述第二基准构件的距离,
- [1198] 所述运算部基于如下的所述加工头的位置之差、即基于所述第一时刻下的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离、和基于所述第二时刻下的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离变得大致相同时的所述加工头的位置之差、以及所述光学装置对来自所述第一基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置的位置,
- [1199] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,
- [1200] 所述第二基准构件是与所述第一基准构件相同的基准构件,或者所述第二基准构件是与所述第一基准构件不同的基准构件。
- [1201] [附记121]
- [1202] 根据附记1至120中任一项所述的测量系统,其中,
- [1203] 所述光学装置所包括的热源与光学装置的框体热连接。
- [1204] [附记122]
- [1205] 根据附记1至121中任一项所述的测量系统,其中,
- [1206] 在所述载台与所述工件中的至少一者上,配置有多个所述基准构件,
- [1207] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述多个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,
- [1208] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,算出所述光学装置的位置。
- [1209] [附记123]
- [1210] 根据附记122所述的测量系统,其中,
- [1211] 所述运算部基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述多

个基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,

[1212] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,算出所述光学装置的位置。

[1213] [附记124]

[1214] 根据附记122或123所述的测量系统,其中,

[1215] 所述多个基准构件为多个第一基准构件,

[1216] 所述光学装置在第一时刻以及与所述第一时刻不同的第二时刻的各个时刻,对第二基准构件照射所述测量光,并接收由此产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1217] 所述运算部基于如下的所述加工头的位置之差、即基于所述第一时刻下的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离、和基于所述第二时刻下的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果而算出的所述光学装置与所述第二基准构件的距离变得大致相同时的所述加工头的位置之差、以及所述光学装置对来自所述多个第一基准构件的各个的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述多个第一基准构件的各个的距离,

[1218] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述多个第一基准构件的各个的距离,算出所述光学装置的位置,

[1219] 所述第二基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,

[1220] 所述第二基准构件是与所述多个第一基准构件中的至少一个相同的基准构件,或者所述第二基准构件是与所述多个第一基准构件的各个不同的基准构件。

[1221] [附记125]

[1222] 根据附记120及122至124中任一项所述的测量系统,其中,

[1223] 所述光学装置的位置作为算出所述距离的基准的所述光学装置侧的基准点。

[1224] [附记126]

[1225] 根据附记1至125中任一项所述的测量系统,其中,

[1226] 所述光学装置具有能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,

[1227] 所述运算部对所述方向变更构件进行控制,以通过所述方向变更构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,

[1228] 所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,

[1229] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向,

[1230] 所述运算部基于进行所述算出而得的方向对所述方向变更构件进行控制,以对所述基准构件照射所述测量光。

[1231] [附记127]

[1232] 根据附记126所述的测量系统,其中,

[1233] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出存在所述基准构件且比所述第一区域小的第二区域相对于所述光学装置的方向,

[1234] 所述运算部基于所述第二区域的方向对所述方向变更构件进行控制,以利用所述

测量光对所述第二区域进行扫描，

[1235] 所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第二区域进行扫描而产生的来自所述第二区域的返回光，

[1236] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第二区域的返回光的受光结果，算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向。

[1237] [附记128]

[1238] 根据附记126或127所述的测量系统，其中，

[1239] 当将进行所述算出而得的所述基准构件相对于所述光学装置的方向设为所述载台与所述加工头的相对位置关系为第一位置关系的情况下的、所述基准构件相对于所述光学装置的方向时，

[1240] 所述运算部基于为所述第一位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向、以及将所述载台与所述加工头的相对位置关系从所述第一位置关系变更为第二位置关系所需的所述载台与所述加工头中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者，算出为所述第二位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向，

[1241] 在为所述第二位置关系的情况下，所述运算部基于所算出的所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制，以对所述基准构件照射所述测量光，

[1242] 所述光学装置接收在为所述第二位置关系的情况下通过对所述基准构件照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述基准构件的返回光。

[1243] [附记129]

[1244] 根据附记128所述的测量系统，其中，

[1245] 所述运算部基于为所述第一位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向、以及从所述第一位置关系变更为所述第二位置关系所需的所述载台与所述加工头中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者，算出为所述第二位置关系的情况下的、存在所述基准构件且比所述第一区域小的第二区域相对于所述光学装置的方向，

[1246] 在为所述第二位置关系的情况下，所述运算部基于所算出的所述第二区域相对于所述光学装置的方向对所述方向变更构件进行控制，以利用所述测量光对所述第二区域进行扫描，

[1247] 所述光学装置接收在为所述第二位置关系的情况下通过利用所述测量光对所述第二区域进行扫描而产生的来自所述第二区域的返回光，

[1248] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第二区域的返回光的受光结果，算出为所述第二位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向。

[1249] [附记130]

[1250] 根据附记128或129所述的测量系统，其中，

[1251] 所述运算部

[1252] 基于所述第一位置关系下的所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果、以及所述第二位置关系下的来自所述基准构件的返回光的受光结果，算出所述第一位置关系下的所述光学装置的位置、以及所述第二位置关系下的所述光学装置的位置，

[1253] 基于所算出的所述第一位置关系下的所述光学装置的位置、以及所算出的所述第

二位置关系下的所述光学装置的位置,算出随着从所述第一位置关系向所述第二位置关系的变更而所述载台移动过的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差、及随着从所述第一位置关系向所述第二位置关系的变更而所述加工头移动过的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差中的至少一者。

[1254] [附记131]

[1255] 根据附记1至130中任一项所述的测量系统,其中,

[1256] 所述载台或所述加工头的移动包含沿着相互正交的第一平移轴、第二平移轴及第三平移轴中的至少一个的平移移动,

[1257] 每当所述载台或所述加工头平移移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[1258] 所述运算部基于每当所述载台或所述加工头平移移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置在所述载台或所述加工头平移移动到互不相同的多个位置的空间中的位置,

[1259] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述载台移动过的所述空间中的所述载台的平移移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头移动过的所述空间中的所述加工头的平移移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1260] [附记132]

[1261] 根据附记131所述的测量系统,其中,

[1262] 每当所述加工头沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收来自所述基准构件的返回光,

[1263] 所述运算部基于每当所述加工头平移移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置在沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置的空间中的位置,

[1264] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,算出与所述空间中的所述加工头沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个的平移移动中产生的移动误差相关的信息。

[1265] [附记133]

[1266] 根据附记131或132所述的测量系统,其中,

[1267] 每当所述载台沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收来自随着所述载台的平移移动而移动的所述基准构件的各个的返回光,

[1268] 所述运算部基于每当所述载台平移移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出在沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个平移移动到互不相同的多个位置的空间中的、所述光学装置相对于所述基准构件的位置,

[1269] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,算出所述空间中的所述载台沿着所述第一平移轴至所述第三平移轴中的至少一个的平移移动中产生的移动误差。

[1270] [附记134]

[1271] 根据附记131至133中任一项所述的测量系统,其中,

[1272] 所述基准构件为第一基准构件,

[1273] 所述载台或所述加工头的移动除了包含所述平移移动之外,还包含绕相互正交的第一旋转轴、第二旋转轴及第三旋转轴中的至少一个的旋转移动,

[1274] 每当所述载台或所述加工头绕第一旋转轴至第三旋转轴中的至少一个旋转移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置在所述载台与所述加工头的相对位置关系互不相同的至少三个位置关系的各个下,接收通过对第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1275] 所述运算部基于所述光学装置对在所述至少三个位置关系的各个下接收的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果,算出每次所述旋转移动时的所述第二基准构件的位置,

[1276] 所述运算部基于所算出的每次所述旋转移动时的所述第二基准构件的位置,算出所述载台绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差、及所述加工头绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差中的至少一者,

[1277] 所述第二基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,

[1278] 所述第二基准构件是与所述第一基准构件相同的基准构件,或者所述第二基准构件是与所述第一基准构件不同的基准构件,

[1279] 所述载台或所述加工头基于与所述平移移动中产生的移动误差相关的信息而被定位成所述至少三个位置关系。

[1280] [附记135]

[1281] 根据附记134所述的测量系统,其中,

[1282] 每当所述载台或所述加工头绕第一旋转轴至第三旋转轴中的至少一个旋转移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置在所述载台与所述加工头的相对位置关系互不相同的至少三个位置关系的各个下,接收通过对至少三个第二基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少三个第二基准构件的各自的返回光,

[1283] 所述运算部基于所述光学装置对在所述至少三个位置关系的各个下接收的来自所述至少三个第二基准构件的各自的返回光的受光结果,算出每次所述旋转移动时的所述至少三个第二基准构件各自的位置,

[1284] 所述运算部基于所算出的每次所述旋转移动时的所述至少三个第二基准构件各自的位置,算出所述载台绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差、及所述加工头绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差中的至少一者,

[1285] 所述至少三个第二基准构件分别配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,

[1286] 所述至少三个第二基准构件分别是与所述第一基准构件相同的基准构件,或者所述至少三个第二基准构件分别是与所述第一基准构件不同的基准构件。

[1287] [附记136]

- [1288] 根据附记131至135中任一项所述的测量系统,其中,
- [1289] 所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,
- [1290] 所述基准构件为第一基准构件,
- [1291] 所述载台或所述加工头的移动除了包含所述平移移动之外,还包含绕相互正交的第一旋转轴、第二旋转轴及第三旋转轴中的至少一个的旋转移动,
- [1292] 每当所述载台或所述加工头绕第一旋转轴至第三旋转轴中的至少一个旋转移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置在所述载台与所述加工头的相对位置关系互不相同的至少两个位置关系的各个下,接收通过对第二基准构件照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,
- [1293] 所述运算部基于所述光学装置对在所述至少两个位置关系的各个下接收的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果,算出每次所述旋转移动时的所述第二基准构件的位置,
- [1294] 所述运算部基于所算出的每次所述旋转移动时的所述第二基准构件的位置、以及与利用所述方向变更构件进行了变更的所述测量光的行进方向相关的信息,算出所述载台绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差、及所述加工头绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差中的至少一者,
- [1295] 所述第二基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上,
- [1296] 所述第二基准构件是与所述第一基准构件相同的基准构件,或者所述第二基准构件是与所述第一基准构件不同的基准构件,
- [1297] 所述载台或所述加工头基于与所述平移移动中产生的移动误差相关的信息而被定位成所述至少两个位置关系。
- [1298] [附记137]
- [1299] 根据附记131至136中任一项所述的测量系统,其中,
- [1300] 所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,
- [1301] 所述基准构件为第一基准构件,
- [1302] 所述载台或所述加工头的移动除了包含所述平移移动之外,还包含绕相互正交的第一旋转轴、第二旋转轴及第三旋转轴中的至少一个的旋转移动,
- [1303] 每当所述载台或所述加工头绕第一旋转轴至第三旋转轴中的至少一个旋转移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置在所述载台与所述加工头的相对位置关系成为规定的位置关系的状态下,接收通过对第二基准构件照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,
- [1304] 所述运算部基于所述光学装置对在所述载台与所述加工头的相对位置关系成为规定的位置关系的状态下接收到的来自所述第二基准构件的返回光的受光结果,算出每次所述旋转移动时的所述第二基准构件的位置,
- [1305] 所述运算部基于所算出的每次所述旋转移动时的所述第二基准构件的位置、以及与利用所述方向变更构件进行了变更的所述测量光的行进方向相关的信息,算出所述载台绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差、及所述加工头绕所述第一旋转轴至所述第三旋转轴中的至少一个的旋转移动中产生的移动误差

中的至少一者，

[1306] 所述第二基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上，

[1307] 所述第二基准构件是与所述第一基准构件相同的基准构件，或者所述第二基准构件是与所述第一基准构件不同的基准构件，

[1308] 所述载台或所述加工头基于与所述平移移动中产生的移动误差相关的信息而被定位成所述规定的位置关系。

[1309] [附记138]

[1310] 根据附记1至137中任一项所述的测量系统，其中，

[1311] 所述光学装置在所述机床开始对所述工件进行加工之前，在将所述工件载置在所述载台上的状况下，对所述基准构件照射所述测量光，并接收由此产生的来自所述基准构件的返回光，

[1312] 所述运算部基于在所述机床开始对所述工件进行加工之前所述光学装置对来自所述基准构件的各个的返回光的受光结果，算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1313] [附记139]

[1314] 根据附记1至138中任一项所述的测量系统，其中，

[1315] 所述光学装置对所述基准构件照射沿着所述光学装置与所述工件之间的一个光路行进的所述测量光，

[1316] 所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的光中的沿着所述一个光路行进的光作为所述返回光。

[1317] [附记140]

[1318] 根据附记1至139中任一项所述的测量系统，其中，

[1319] 所述测量光为平行光。

[1320] [附记141]

[1321] 根据附记1至140中任一项所述的测量系统，其中，

[1322] 所述测量系统还包括光检测器，所述光检测器对因所述光学装置接收到的来自所述基准构件的返回光与参照光发生干涉而产生的干涉光进行检测。

[1323] [附记142]

[1324] 根据附记141所述的测量系统，其中，

[1325] 所述光检测器配置在所述光学装置的内部。

[1326] [附记143]

[1327] 根据附记141所述的测量系统，其中，

[1328] 所述光检测器配置在所述光学装置的外部。

[1329] [附记144]

[1330] 根据附记143所述的测量系统，其中，

[1331] 所述光检测器与所述光学装置通过保偏光纤而在光学上连接。

[1332] [附记145]

[1333] 根据附记143或144所述的测量系统，其中，

[1334] 所述光检测器经由相同的第一保偏光纤，将所述测量光与所述参照光传输到所述光学装置。

[1335] [附记146]

[1336] 根据附记143至145中任一项所述的测量系统,其中,

[1337] 所述光学装置经由相同的第二保偏光纤,将所述返回光与所述参照光传输到所述光检测器。

[1338] [附记147]

[1339] 根据附记145所述的测量系统,其中,

[1340] 所述光学装置包括朝向所述第二保偏光纤反射所述返回光与所述参照光的反射元件。

[1341] [附记148]

[1342] 根据附记145或146所述的测量系统,其中,

[1343] 所述光检测器对因入射到所述光检测器的所述返回光与入射到所述光检测器的所述参照光发生干涉而产生的干涉光进行检测。

[1344] [附记149]

[1345] 根据附记143所述的测量系统,其中,

[1346] 所述光学装置将因所述返回光与所述参照光发生干涉而产生的干涉光传输到所述光检测器。

[1347] [附记150]

[1348] 根据附记143或144所述的测量系统,

[1349] 经由第三保偏光纤,从包括所述光检测器的其他光学装置向所述光学装置传输所述测量光,

[1350] 经由第四保偏光纤,从包括所述光检测器的其他光学装置向所述光学装置传输所述参照光。

[1351] [附记151]

[1352] 根据附记1至150中任一项所述的测量系统,其中,

[1353] 所述光学装置具有能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,

[1354] 所述方向变更构件具有反射构件,

[1355] 所述反射构件能够通过绕旋转轴旋转来变更所述测量光的行进方向,所述旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉。

[1356] [附记152]

[1357] 根据附记151所述的测量系统,其中,

[1358] 所述光学装置还包括照射光学系统,所述照射光学系统将从所述方向变更构件射出的所述测量光照射到所述工件,

[1359] 在所述反光镜绕所述旋转轴旋转的情况下,从所述照射光学系统射出的所述测量光的偏转角比从所述方向变更构件射出的所述测量光的偏转角大。

[1360] [附记153]

[1361] 根据附记152所述的测量系统,其中,

[1362] 所述照射光学系统包括形成所述反射构件的实像的第一光学系统、或形成所述反射构件的虚像的第二光学系统。

[1363] [附记154]

- [1364] 根据附记151至153中任一项所述的测量系统,其中,
- [1365] 所述旋转轴为第一旋转轴,
- [1366] 所述反射构件能够通过绕第二旋转轴旋转来变更所述测量光的行进方向,所述第二旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉,且与所述第一旋转轴交叉。
- [1367] [附记155]
- [1368] 根据附记151至153中任一项所述的测量系统,其中,
- [1369] 所述光学装置能够变更从所述方向变更构件射出的所述测量光的行进方向的变更范围。
- [1370] [附记156]
- [1371] 根据附记155所述的测量系统,其中,
- [1372] 所述光学装置能够通过变更所述方向变更构件相对于所述光学装置的组装角度,来变更所述测量光的行进方向的变更范围。
- [1373] [附记157]
- [1374] 根据附记155或156所述的测量系统,其中,
- [1375] 所述光学装置能够通过变更所述测量光入射到所述方向变更构件的入射方向,来变更所述测量光的行进方向的变更范围。
- [1376] [附记158]
- [1377] 根据附记157所述的测量系统,其中,
- [1378] 所述光学装置包括:
- [1379] 第一反射光学元件,以使所述测量光从第一入射方向入射到所述方向变更构件的方式,将所述测量光朝向所述方向变更构件反射;
- [1380] 第二反射光学元件,以使所述测量光从与所述第一入射方向不同的第二入射方向入射到所述方向变更构件的方式,将所述测量光朝向所述方向变更构件反射;以及
- [1381] 光路切换光学元件,在使所述测量光朝向所述第一反射光学元件的第一光路与使所述测量光朝向所述第二反射光学元件的第二光路之间切换所述测量光的光路,
- [1382] 从所述第一入射方向入射到所述方向变更构件的所述测量光被所述反射构件反射而在第一行进方向的变更范围中的行进方向上行进,
- [1383] 从所述第二入射方向入射到所述方向变更光学系统的所述测量光被所述反射构件反射而在与所述第一行进方向的变更范围至少部分不同的第二行进方向的变更范围中的行进方向上行进。
- [1384] [附记159]
- [1385] 根据附记151至158中任一项所述的测量系统,其中,
- [1386] 所述方向变更构件为第一方向变更构件,
- [1387] 所述反射构件为第一反射构件,
- [1388] 所述光学装置包括第二方向变更构件,所述第二方向变更构件能够使用第二反射构件来变更所述测量光的行进方向,所述第二反射构件能够绕第二旋转轴旋转,所述第二旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉,且与所述第一旋转轴交叉,

- [1389] 从所述第二方向变更构件射出的所述测量光入射到所述第一方向变更构件。
- [1390] [附记160]
- [1391] 根据附记159所述的测量系统,其中,
- [1392] 所述光学装置还包括中继光学系统,所述中继光学系统配置在所述第一方向变更构件及所述第二方向变更构件之间的所述测量光的光路上,且使所述第一方向变更构件及所述第二方向变更构件成为在光学上共轭的关系。
- [1393] [附记161]
- [1394] 根据附记1至160中任一项所述的测量系统,其中,
- [1395] 所述光学装置对所述基准构件多次照射所述测量光,且每当对所述基准构件照射所述测量光时,接收来自所述基准构件的返回光,由此多次接收来自所述基准构件的返回光,
- [1396] 所述运算部基于来自所述基准构件的返回光的多个受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的多个距离,并算出所算出的所述多个距离的平均作为所述光学装置与所述基准构件的距离。
- [1397] [附记162]
- [1398] 根据附记161所述的测量系统,其中,
- [1399] 所述光学装置具有能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,
- [1400] 所述方向变更构件具有反射构件,
- [1401] 所述反射构件能够通过绕旋转轴旋转来变更所述测量光的行进方向,所述旋转轴与入射到所述反射构件的所述测量光的入射侧的光路交叉,
- [1402] 每当所述光学装置接收来自所述基准构件的返回光时,所述反射构件旋转。
- [1403] [附记163]
- [1404] 一种机床,包括:
- [1405] 根据附记1至162中任一项所述的测量系统;
- [1406] 所述加工头;
- [1407] 所述载台;以及
- [1408] 驱动装置,使所述加工头与所述载置装置中的至少一者移动。
- [1409] [附记164]
- [1410] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1411] 所述测量方法包括:
- [1412] 利用光学装置对基准构件照射测量光;
- [1413] 由所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及
- [1414] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。
- [1415] [附记165]
- [1416] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记164所述的测量方法。
- [1417] [附记166]

[1418] 一种记录介质,记录有根据附记165所述的计算机程序。

[1419] [附记167]

[1420] 一种光学装置,在使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工的机床中,代替所述工具而组装在所述主轴上,

[1421] 所述光学装置包括:

[1422] 受光部,接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光。

[1423] [附记168]

[1424] 根据附记167所述的光学装置,其中,

[1425] 所述受光部对所述返回光的受光结果用于算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1426] [附记169]

[1427] 根据附记167或168所述的光学装置,其中,

[1428] 获取所述受光部对所述返回光的受光结果的控制装置基于所述受光部对所述返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1429] [附记170]

[1430] 根据附记169所述的光学装置,其中,

[1431] 所述控制装置基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1432] [附记171]

[1433] 根据附记169或170所述的光学装置,其中,

[1434] 所述控制装置基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1435] [附记172]

[1436] 根据附记169至171中任一项所述的光学装置,其中,

[1437] 所述控制装置基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。

[1438] [附记173]

[1439] 根据附记167至174中任一项所述的光学装置,其中,

[1440] 每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述受光部接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[1441] 获取所述受光部对所述返回光的受光结果的控制装置基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的、所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所述距离,算出所述空间中的所述光学装置的位置。

[1442] [附记174]

- [1443] 根据附记173所述的光学装置,其中,
- [1444] 所述控制装置基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1445] [附记175]
- [1446] 根据附记173或174所述的光学装置,其中,
- [1447] 所述控制装置基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于修正所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [1448] [附记176]
- [1449] 根据附记173至175中任一项所述的光学装置,其中,
- [1450] 所述控制装置基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于对所述机床进行控制的信息。
- [1451] [附记177]
- [1452] 根据附记169至176中任一项所述的光学装置,其中,
- [1453] 使用对所述机床进行控制的第一控制装置作为所述控制装置。
- [1454] [附记178]
- [1455] 根据附记169至177中任一项所述的光学装置,其中,
- [1456] 使用包括所述光学装置的测量系统所包括的第二控制装置作为所述控制装置。
- [1457] [附记179]
- [1458] 根据附记167至178中任一项所述的光学装置,其中,
- [1459] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1460] [附记180]
- [1461] 根据附记167至179中任一项所述的光学装置,其中,
- [1462] 所述受光部接收通过对配置在所述载台及所述载台上所载置的所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光,
- [1463] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1464] [附记181]
- [1465] 根据附记167至180中任一项所述的光学装置,其中,
- [1466] 所述受光部接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光,
- [1467] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1468] [附记182]
- [1469] 根据附记169至181中任一项所述的光学装置,其中,
- [1470] 所述光学装置包括相对于所述测量光的光路能够移动的光学构件,
- [1471] 在所述光学构件位于所述测量光的光路上的情况下,所述光学装置对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意一者作为所述测量光,
- [1472] 在所述光学构件不位于所述测量光的光路上的情况下,所述光学装置对所述基准

构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意另一者作为所述测量光。

[1473] [附记183]

[1474] 根据附记169至182中任一项所述的光学装置,其中,

[1475] 所述光学装置经由第一光学系统,对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意一者作为所述测量光,

[1476] 所述光学装置经由与所述第一光学系统至少部分不同的第二光学系统,对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意另一者作为所述测量光。

[1477] [附记184]

[1478] 根据附记182或183所述的光学装置,其中,

[1479] 获取所述受光部对所述返回光的受光结果的控制装置基于对所述基准构件照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个,

[1480] 所述控制装置基于对所述基准构件照射所述平行光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1481] [附记185]

[1482] 一种测量系统,包括:

[1483] 根据附记167至184中任一项所述的光学装置;以及

[1484] 运算部,基于所述受光部对所述返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1485] [附记186]

[1486] 一种机床,包括:

[1487] 根据附记167至184中任一项所述的光学装置;

[1488] 运算部,基于所述受光部对所述返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离;

[1489] 所述加工头;

[1490] 所述载台;以及

[1491] 驱动装置,使所述加工头及所述载台中的至少一者移动。

[1492] [附记187]

[1493] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[1494] 所述测量系统包括:

[1495] 光学装置,接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1496] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1497] [附记188]

[1498] 根据附记187所述的测量系统,其中,

[1499] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成与所述载台

的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述测量头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1500] [附记189]

[1501] 根据附记187或188所述的测量系统,其中,

[1502] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述测量头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1503] [附记190]

[1504] 根据附记187至189中任一项所述的测量系统,其中,

[1505] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于对所述工件测量装置进行控制的信息。

[1506] [附记191]

[1507] 根据附记187至190中任一项所述的测量系统,其中,

[1508] 每当所述载台或所述测量头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[1509] 所述运算部基于每当所述载台或所述测量头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述载台或所述测量头移动到互不相同的多个位置的空间中的、所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所述距离,算出所述空间中的所述光学装置的位置。

[1510] [附记192]

[1511] 根据附记191所述的测量系统,其中,

[1512] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述载台移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述测量头移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述测量头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1513] [附记193]

[1514] 根据附记191或192所述的测量系统,其中,

[1515] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于修正所述载台移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述测量头移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述测量头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1516] [附记194]

[1517] 根据附记191至193中任一项所述的测量系统,其中,

[1518] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于对所述工件测量装置进行控制的信息。

[1519] [附记195]

[1520] 根据附记187至194中任一项所述的测量系统,其中,

[1521] 对所述工件测量装置进行控制的控制装置基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1522] [附记196]

[1523] 根据附记187至195中任一项所述的测量系统,其中,

[1524] 对所述工件测量装置进行控制的控制装置基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述测量头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1525] [附记197]

[1526] 根据187至196中任一项所述的测量系统,其中,

[1527] 对所述工件测量装置进行控制的控制装置基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述测量头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1528] [附记198]

[1529] 根据附记187至197中任一项所述的测量系统,其中,

[1530] 对所述工件测量装置进行控制的控制装置基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于对所述工件测量装置进行控制的信息。

[1531] [附记199]

[1532] 根据附记187至198中任一项所述的测量系统,其中,

[1533] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1534] [附记200]

[1535] 根据附记187至199中任一项所述的测量系统,其中,

[1536] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,

[1537] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1538] [附记201]

[1539] 根据附记187至200中任一项所述的测量系统,其中,

[1540] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

[1541] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1542] [附记202]

[1543] 根据附记187至201中任一项所述的测量系统,其中,

[1544] 所述光学装置包括相对于所述测量光的光路能够移动的光学构件,

[1545] 在所述光学构件位于所述测量光的光路上的情况下,所述光学装置对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意一者作为所述测量光,

[1546] 在所述光学构件不位于所述测量光的光路上的情况下,所述光学装置对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意另一者作为所述测量光。

[1547] [附记203]

- [1548] 根据附记187至202中任一项所述的测量系统,其中,
- [1549] 所述光学装置经由第一光学系统,对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意一者作为所述测量光,
- [1550] 所述光学装置经由与所述第一光学系统至少部分不同的第二光学系统,对所述基准构件照射所述会聚光及所述平行光中的任意另一者作为所述测量光。
- [1551] [附记204]
- [1552] 根据附记202或203所述的测量系统,其中,
- [1553] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述会聚光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述工件的位置、所述工件的姿势及所述工件的尺寸中的至少一个,
- [1554] 所述运算部基于对所述基准构件照射所述平行光作为所述测量光时所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述测量头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1555] [附记205]
- [1556] 一种工件测量装置,包括:
- [1557] 根据附记187至204中任一项所述的测量系统;
- [1558] 所述测量头;
- [1559] 所述载台;以及
- [1560] 驱动装置,使所述测量头及所述载台中的至少一者移动。
- [1561] [附记206]
- [1562] 一种机床,使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1563] 所述机床包括:
- [1564] 运算部,基于如下的光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的、来自所述基准构件的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。
- [1565] [附记207]
- [1566] 根据附记206所述的机床,其中,
- [1567] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1568] [附记208]
- [1569] 根据附记206或207所述的机床,其中,
- [1570] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [1571] [附记209]
- [1572] 根据附记206至208中任一项所述的机床,其中,
- [1573] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于对所述

机床进行控制的信息。

[1574] [附记210]

[1575] 根据附记206至209中任一项所述的机床,其中,

[1576] 所述机床包括所述光学装置。

[1577] [附记211]

[1578] 根据附记206至210中任一项所述的机床,其中,

[1579] 每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光,

[1580] 所述运算部基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置的空间中的、所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所述距离,算出所述空间中的所述光学装置的位置。

[1581] [附记212]

[1582] 根据附记211所述的机床,其中,

[1583] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成与所述载台移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1584] [附记213]

[1585] 根据附记211或212所述的机床,其中,

[1586] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于修正所述载台移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头移动到互不相同的多个位置的所述空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1587] [附记214]

[1588] 根据附记211至213中任一项所述的机床,其中,

[1589] 所述运算部基于所算出的所述光学装置在所述空间中的位置,生成用于对所述机床进行控制的信息。

[1590] [附记215]

[1591] 根据附记206至214中任一项所述的机床,其中,

[1592] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1593] [附记216]

[1594] 根据附记206至215中任一项所述的机床,其中,

[1595] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,

[1596] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1597] [附记217]

- [1598] 根据附记206至216中任一项所述的机床,其中,
- [1599] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,
- [1600] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1601] [附记218]
- [1602] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1603] 所述测量方法包括:
- [1604] 对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光;
- [1605] 接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及
- [1606] 基于来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离
- [1607] [附记219]
- [1608] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,
- [1609] 所述测量系统包括:
- [1610] 运算部,基于如下的光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的、来自所述基准构件的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。
- [1611] [附记220]
- [1612] 根据附记219所述的测量系统,其中,
- [1613] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述测量头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1614] [附记221]
- [1615] 根据附记219或220所述的测量系统,其中,
- [1616] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述测量头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [1617] [附记222]
- [1618] 根据附记219至221中任一项所述的测量系统,其中,
- [1619] 所述运算部基于所算出的所述光学装置与所述基准构件的距离,生成用于对所述工件测量装置进行控制的信息。
- [1620] [附记223]
- [1621] 根据附记219至222中任一项所述的测量系统,其中,
- [1622] 所述测量系统包括所述光学装置。

[1623] [附记224]

[1624] 根据附记219至223中任一项所述的测量系统,其中,

[1625] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1626] [附记225]

[1627] 根据附记219至224中任一项所述的测量系统,其中,

[1628] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,

[1629] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1630] [附记226]

[1631] 根据附记219至225中任一项所述的测量系统,其中,

[1632] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

[1633] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1634] [附记227]

[1635] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1636] 所述测量系统包括:

[1637] 光学装置,在所述主轴位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1638] 运算部,基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,算出所述第二空间中的与所述主轴相关的位置。

[1639] [附记228]

[1640] 根据附记227所述的测量系统,其中,

[1641] 所述基准构件组装在所述主轴上,

[1642] 与所述主轴相关的位置包含所述基准构件的位置。

[1643] [附记229]

[1644] 根据附记228所述的测量系统,其中,

[1645] 所述光学装置配置在与所述主轴不同的位置。

[1646] [附记230]

[1647] 根据附记228或229所述的测量系统,其中,

[1648] 所述光学装置配置在所述载台或所述载台上所载置的所述工件上。

[1649] [附记231]

- [1650] 根据附记227至230中任一项所述的测量系统,其中,
- [1651] 所述光学装置组装在所述主轴上,
- [1652] 与所述主轴相关的位置包含所述光学装置的位置。
- [1653] [附记232]
- [1654] 根据附记231所述的测量系统,其中,
- [1655] 所述基准构件配置在与所述主轴不同的位置。
- [1656] [附记233]
- [1657] 根据附记231或232所述的测量系统,其中,
- [1658] 所述基准构件配置在所述载台上。
- [1659] [附记234]
- [1660] 根据附记227至233中任一项所述的测量系统,其中,
- [1661] 所述运算部基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成与所述第一空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1662] [附记235]
- [1663] 根据附记227至234中任一项所述的测量系统,其中,
- [1664] 所述运算部基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成用于修正所述第一空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述第一空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [1665] [附记236]
- [1666] 根据附记227至235中任一项所述的测量系统,其中,
- [1667] 所述运算部基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成用于对所述机床进行控制的信息。
- [1668] [附记237]
- [1669] 根据附记227至236中任一项所述的测量系统,其中,
- [1670] 所述测量系统包括所述光学装置。
- [1671] [附记238]
- [1672] 根据附记227至237中任一项所述的测量系统,其中,
- [1673] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1674] [附记239]
- [1675] 根据附记227至238中任一项所述的测量系统,其中,
- [1676] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,
- [1677] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1678] [附记240]
- [1679] 根据附记227至239中任一项所述的测量系统,其中,
- [1680] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件

中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

[1681] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1682] [附记241]

[1683] 根据附记227至240中任一项所述的测量系统,其中,

[1684] 所述运算部基于所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成与所述第二空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述第二空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1685] [附记242]

[1686] 根据附记227至241中任一项所述的测量系统,其中,

[1687] 所述运算部基于所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成用于修正所述第二空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述第二空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1688] [附记243]

[1689] 根据附记227至242中任一项所述的测量系统,其中,

[1690] 所述运算部

[1691] 基于所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成与所述第一空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者,

[1692] 基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者与与所述第一空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息,生成用于修正所述第二空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述第二空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1693] [附记244]

[1694] 根据附记227至243中任一项所述的测量系统,其中,

[1695] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[1696] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1697] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第一状况下的与所述主轴相关的位置,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第二状况下的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所述第一状况下的与所述主轴相关的位置以及所述第二状况下的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,算

出所述工件载置在所述载台上的状况下的所述第二空间中的与所述主轴相关的位置。

[1698] [附记245]

[1699] 根据附记227至244中任一项所述的测量系统,其中,

[1700] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[1701] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1702] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第一状况下的与所述主轴相关的位置,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第二状况下的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所述第一状况下的与所述主轴相关的位置以及所述第二状况下的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成与在所述工件载置在所述载台上的状况下出现的在所述第二空间中的所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与在所述工件载置在所述载台上的状况下出现的在所述第二空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1703] [附记246]

[1704] 根据附记227至245中任一项所述的测量系统,其中,

[1705] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[1706] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1707] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第一状况下的与所述主轴相关的位置,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,算出所述第二状况下的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所述第一状况下的与所述主轴相关的位置以及所述第二状况下的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,生成用于修正在所述工件载置在所述载台上的状况下出现的在所述第二空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正在所述工件载置在所述载台上的状况下出现的在所述第二空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1708] [附记247]

[1709] 根据附记244至246中任一项所述的测量系统,其中,

[1710] 所述第一状况下是所述光学装置位于第三空间的状况,所述第三空间包含在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间、以及在所述工件载置在所述载台

上的情况下所述工件所占据的空间以外的空间。

[1711] [附记248]

[1712] 根据附记227至247中任一项所述的测量系统,其中,

[1713] 所述第一空间包含所述第二空间的周边的空间。

[1714] [附记249]

[1715] 根据附记227至248中任一项所述的测量系统,其中,

[1716] 所述第一空间包含所述第二空间的上方的空间及所述第二空间的侧方的空间中的至少一者。

[1717] [附记250]

[1718] 一种机床,包括:

[1719] 根据附记227至249中任一项所述的测量系统;

[1720] 所述加工头;

[1721] 所述载台;以及

[1722] 驱动装置,使所述加工头及所述载台中的至少一者移动。

[1723] [附记251]

[1724] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1725] 所述测量方法包括:

[1726] 在所述主轴位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,从光学装置对基准构件照射测量光;

[1727] 由所述光学装置接收通过在所述主轴位于所述第一空间的状况下、每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时、对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;

[1728] 基于每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一空间中的与所述主轴相关的位置;以及

[1729] 基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,算出所述第二空间中的与所述主轴相关的位置。

[1730] [附记252]

[1731] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记251所述的测量方法。

[1732] [附记253]

[1733] 一种记录介质,记录有根据附记252所述的计算机程序。

[1734] [附记254]

[1735] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1736] 所述测量系统包括:

[1737] 运算部,基于光学装置对如下的返回光、即通过在所述主轴位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下、每当所述载台或所述加工头移

动到互不相同的多个位置时、对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,并基于所算出的所述第一空间中的与所述主轴相关的位置,算出所述第二空间中的与所述主轴相关的位置。

[1738] [附记255]

[1739] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[1740] 所述测量系统包括:

[1741] 光学装置,在所述测量头位于由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间的状况下,每当所述载台或所述测量头移动到互不相同的多个位置时,接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1742] 运算部,基于每当所述载台或所述测量头移动到互不相同的多个位置时由所述光学装置接收的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一空间中的所述测量头的位置,并基于所算出的所述第一空间中的所述测量头的位置,算出所述第二空间中的所述测量头的位置。

[1743] [附记256]

[1744] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1745] 所述测量系统包括:

[1746] 光学装置,接收通过在将所述工件载置在所述载台上的状况下对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1747] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成与由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,并基于与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,生成与所述第二空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第二空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1748] [附记257]

[1749] 根据附记256所述的测量系统,其中,

[1750] 所述基准构件组装在所述主轴上,

[1751] 所述光学装置配置在所述载台上。

[1752] [附记258]

[1753] 根据附记256或257所述的测量系统,其中,

[1754] 所述光学装置组装在所述主轴上,

[1755] 所述基准构件配置在所述载台或所述载台上所载置的所述工件上。

[1756] [附记259]

[1757] 根据附记256至258中任一项所述的测量系统,其中,

[1758] 所述运算部基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中

的至少一者,生成用于修正所述第一空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述第一空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1759] [附记260]

[1760] 根据附记256至259中任一项所述的测量系统,其中,

[1761] 所述运算部基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,生成用于对所述机床进行控制的信息。

[1762] [附记261]

[1763] 根据附记256至260中任一项所述的测量系统,其中,

[1764] 所述测量系统包括所述光学装置。

[1765] [附记262]

[1766] 根据附记256至261中任一项所述的测量系统,其中,

[1767] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1768] [附记263]

[1769] 根据附记256至262中任一项所述的测量系统,其中,

[1770] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,

[1771] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1772] [附记264]

[1773] 根据附记256至263中任一项所述的测量系统,其中,

[1774] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

[1775] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[1776] [附记265]

[1777] 根据附记256至264中任一项所述的测量系统,其中,

[1778] 所述运算部基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,生成用于修正所述第二空间中的所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述第二空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1779] [附记266]

[1780] 根据附记256至265中任一项所述的测量系统,其中,

[1781] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[1782] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产

生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1783] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,生成与所述第一状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,生成与所述第二状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,并基于与所述第一状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息以及与所述第二状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,生成与所述工件载置在所述载台上的状况下的所述第二空间中的所述移动误差相关的信息。

[1784] [附记267]

[1785] 根据附记256至266中任一项所述的测量系统,其中,

[1786] 当将所述基准构件设为第二基准构件,将所述工件未载置在所述载台时配置在所述载台上的基准构件设为第一基准构件时,

[1787] 在所述工件未载置在所述载台的第一状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第一基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第一基准构件的返回光,在所述工件载置在所述载台上且所述光学装置位于所述第一空间的第二状况下,每当所述载台或所述加工头移动到互不相同的多个位置时,所述光学装置接收通过对所述第二基准构件照射所述测量光而产生的来自所述第二基准构件的返回光,

[1788] 所述运算部基于所述第一状况下的所述光学装置中的受光结果,生成与所述第一状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,基于所述第二状况下的所述光学装置中的受光结果,生成与所述第二状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,并基于与所述第一状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息以及与所述第二状况下的所述第一空间中的所述移动误差相关的信息,生成用于修正所述工件载置在所述载台上的状况下产生的所述第二空间中的所述移动误差的信息。

[1789] [附记268]

[1790] 根据附记266或267所述的测量系统,其中,

[1791] 所述第一状况下是所述光学装置位于第三空间的状况,所述第三空间包含在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间、以及在所述工件载置在所述载台上的情况下所述工件所占据的空间以外的空间。

[1792] [附记269]

[1793] 根据附记256至268中任一项所述的测量系统,其中,

[1794] 所述第一空间包含所述第二空间的周边的空间。

[1795] [附记270]

[1796] 根据附记256至269中任一项所述的测量系统,其中,

[1797] 所述第一空间包含所述第二空间的上方的空间及所述第二空间的侧方的空间中的至少一者。

[1798] [附记271]

- [1799] 一种机床,包括:
- [1800] 根据附记256至270中任一项所述的测量系统;
- [1801] 所述加工头;
- [1802] 所述载台;以及
- [1803] 驱动装置,使所述加工头及所述载台中的至少一者移动。
- [1804] [附记272]
- [1805] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1806] 所述测量方法包括:
- [1807] 使用光学装置,在将所述工件载置在所述载台上的状况下,对基准构件照射测量光;
- [1808] 由所述光学装置接收通过在将所述工件载置在所述载台上的状况下对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;
- [1809] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成与载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者;以及
- [1810] 基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,生成与第二空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第二空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1811] [附记273]
- [1812] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记272所述的测量方法。
- [1813] [附记274]
- [1814] 一种记录介质,记录有根据附记273所述的计算机程序。
- [1815] [附记275]
- [1816] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1817] 所述测量系统包括:
- [1818] 运算部,基于光学装置对通过在将所述工件载置在所述载台上的状况下对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成与由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,并基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,生成与所述第二空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第二空间中的所述加工头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1819] [附记276]
- [1820] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测

量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[1821] 所述测量系统包括:

[1822] 光学装置,接收通过在将所述工件载置在所述载台上的状况下对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1823] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成与由载置在所述载台上的所述工件占据的第二空间以外的第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述测量头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,并基于所生成的与所述第一空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第一空间中的所述测量头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者,生成与所述第二空间中的所述载台的移动所产生的移动误差相关的信息、及与所述第二空间中的所述测量头的移动所产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1824] [附记277]

[1825] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1826] 所述测量系统包括:

[1827] 光学装置,接收通过对配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1828] 运算部,基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1829] [附记278]

[1830] 根据附记277所述的测量系统,其中,

[1831] 所述基准构件组装在所述主轴上,

[1832] 所述光学装置配置在所述载台上。

[1833] [附记279]

[1834] 根据附记277或278所述的测量系统,其中,

[1835] 所述光学装置组装在所述主轴上,

[1836] 所述基准构件配置在所述载台或所述载台上所载置的所述工件上。

[1837] [附记280]

[1838] 根据附记277至279中任一项所述的测量系统,其中,

[1839] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。

[1840] [附记281]

[1841] 根据附记277至280中任一项所述的测量系统,其中,

[1842] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。

[1843] [附记282]

[1844] 根据附记277至281中任一项所述的测量系统,其中,

- [1845] 所述运算部基于所算出的所述距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。
- [1846] [附记283]
- [1847] 根据附记277至282中任一项所述的测量系统,其中,
- [1848] 所述测量系统包括所述光学装置。
- [1849] [附记284]
- [1850] 根据附记277至283中任一项所述的测量系统,其中,
- [1851] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1852] [附记285]
- [1853] 根据附记277至284中任一项所述的测量系统,其中,
- [1854] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,
- [1855] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1856] [附记286]
- [1857] 根据附记277至285中任一项所述的测量系统,其中,
- [1858] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,
- [1859] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1860] [附记287]
- [1861] 一种机床,包括:
- [1862] 根据附记277至286中任一项所述的测量系统;
- [1863] 所述加工头;
- [1864] 所述载台;以及
- [1865] 驱动装置,使所述加工头及所述载台中的至少一者移动。
- [1866] [附记288]
- [1867] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1868] 所述测量方法包括:
- [1869] 使用光学装置对配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的基准构件照射测量光;
- [1870] 由光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及
- [1871] 基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。
- [1872] [附记289]

[1873] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记288所述的测量方法。

[1874] [附记290]

[1875] 一种记录介质,记录有根据附记289所述的计算机程序。

[1876] [附记291]

[1877] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1878] 所述测量系统包括:

[1879] 以及运算部,基于光学装置对通过对配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的受光结果、以及由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1880] [附记292]

[1881] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[1882] 所述测量系统包括:

[1883] 光学装置,接收通过对配置在所述载台上所载置的所述工件或所述载台上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1884] 运算部,基于由能够检测所述工件及所述载台中的至少一者的温度的温度检测器检测出的所述工件及所述载台中的至少一者的温度、以及所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[1885] [附记293]

[1886] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1887] 所述测量系统包括:

[1888] 光学装置,接收对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1889] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,

[1890] 所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,

[1891] 所述运算部对所述方向变更构件进行控制,以通过所述方向变更构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,

[1892] 所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,

[1893] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向,

[1894] 所述运算部基于所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制,以对所述基准构件照射所述测量光。

[1895] [附记294]

[1896] 根据附记293所述的测量系统,其中,

- [1897] 所述基准构件组装在所述主轴上，
- [1898] 所述光学装置配置在所述载台上。
- [1899] [附记295]
- [1900] 根据附记293或294所述的测量系统，其中，
- [1901] 所述光学装置组装在所述主轴上，
- [1902] 所述基准构件配置在所述载台或所述载台上所载置的所述工件上。
- [1903] [附记296]
- [1904] 根据附记293至295中任一项所述的测量系统，其中，
- [1905] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果，生成与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1906] [附记297]
- [1907] 根据附记293至296中任一项所述的测量系统，其中，
- [1908] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果，生成用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [1909] [附记298]
- [1910] 根据附记293至297中任一项所述的测量系统，其中，
- [1911] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果，生成用于对所述机床进行控制的信息。
- [1912] [附记299]
- [1913] 根据附记293至298中任一项所述的测量系统，其中，
- [1914] 所述测量系统包括所述光学装置。
- [1915] [附记300]
- [1916] 根据附记293至299中任一项所述的测量系统，其中，
- [1917] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1918] [附记301]
- [1919] 根据附记293至300中任一项所述的测量系统，其中，
- [1920] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果，算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离，
- [1921] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1922] [附记302]
- [1923] 根据附记293至301中任一项所述的测量系统，其中，
- [1924] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果，算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离，

- [1925] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。
- [1926] [附记303]
- [1927] 根据附记293至302中任一项所述的测量系统,其中,
- [1928] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出存在所述基准构件且比所述第一区域小的第二区域相对于所述光学装置的方向,
- [1929] 所述运算部基于所述第二区域的方向对所述方向变更构件进行控制,以利用所述测量光对所述第二区域进行扫描,
- [1930] 所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第二区域进行扫描而产生的来自所述第二区域的返回光,
- [1931] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第二区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向。
- [1932] [附记304]
- [1933] 根据附记293至303中任一项所述的测量系统,其中,
- [1934] 当将进行所述算出而得的所述基准构件相对于所述光学装置的方向设为所述载台与所述加工头的相对位置关系为第一位置关系的情况下的、所述基准构件相对于所述光学装置的方向时,
- [1935] 所述运算部基于为所述第一位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向、以及将所述载台与所述加工头的相对位置关系从所述第一位置关系变更为第二位置关系所需的所述载台与所述加工头中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者,算出为所述第二位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向,
- [1936] 在为所述第二位置关系的情况下,所述运算部基于所算出的所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制,以所述基准构件照射所述测量光,
- [1937] 所述光学装置接收在为所述第二位置关系的情况下通过对所述基准构件照射利用所述方向变更构件变更了行进方向的所述测量光而产生的、来自所述基准构件的返回光。
- [1938] [附记305]
- [1939] 根据附记304所述的测量系统,其中,
- [1940] 所述运算部基于为所述第一位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向、以及从所述第一位置关系变更为所述第二位置关系所需的所述载台与所述加工头中的至少一者的移动量及移动方向中的至少一者,算出为所述第二位置关系的情况下的、存在所述基准构件且比所述第一区域小的第二区域相对于所述光学装置的方向,
- [1941] 在为所述第二位置关系的情况下,所述运算部基于所算出的所述第二区域相对于所述光学装置的方向对所述方向变更构件进行控制,以利用所述测量光对所述第二区域进行扫描,
- [1942] 所述光学装置接收在为所述第二位置关系的情况下通过利用所述测量光对所述第二区域进行扫描而产生的来自所述第二区域的返回光,
- [1943] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第二区域的返回光的受光结果,算出为所述第二位置关系的情况下的所述基准构件相对于所述光学装置的方向。
- [1944] [附记306]

- [1945] 根据附记304或305所述的测量系统,其中,
- [1946] 所述运算部
- [1947] 基于所述第一位置关系下的、所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果、以及所述第二位置关系下的、来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述第一位置关系下的所述光学装置的位置、以及所述第二位置关系下的所述光学装置的位置,
- [1948] 基于所算出的所述第一位置关系下的所述光学装置的位置、以及所算出的所述第二位置关系下的所述光学装置的位置,算出随着从所述第一位置关系向所述第二位置关系的变更而所述载台移动过的空间中的所述载台的移动中产生的移动误差、及随着从所述第一位置关系向所述第二位置关系的变更而所述加工头移动过的空间中的所述加工头的移动中产生的移动误差中的至少一者。
- [1949] [附记307]
- [1950] 一种机床,包括:
- [1951] 根据附记293至306中任一项所述的测量系统;
- [1952] 所述加工头;
- [1953] 所述载台;以及
- [1954] 驱动装置,使所述加工头及所述载台中的至少一者移动。
- [1955] [附记308]
- [1956] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1957] 所述测量方法包括:
- [1958] 通过使用能够变更测量光的行进方向的方向变更构件变更所述测量光的行进方向,利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描;
- [1959] 接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光;
- [1960] 基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向;
- [1961] 基于所述基准构件的方向,对所述基准构件照射所述测量光;
- [1962] 由光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及
- [1963] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。
- [1964] [附记309]
- [1965] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记308所述的测量方法。
- [1966] [附记310]
- [1967] 一种记录介质,记录有根据附记312所述的计算机程序。
- [1968] [附记311]
- [1969] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [1970] 所述测量系统包括:

[1971] 运算部,基于光学装置对通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,

[1972] 所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,

[1973] 所述运算部对所述方向变更构件进行控制,以通过所述方向变更构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,

[1974] 所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,

[1975] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向,

[1976] 所述运算部基于所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制,以对所述基准构件照射所述测量光。

[1977] [附记312]

[1978] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[1979] 所述测量系统包括:

[1980] 光学装置,接收对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1981] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,

[1982] 所述光学装置包括能够变更所述测量光的行进方向的方向变更构件,

[1983] 所述运算部对所述方向变更构件进行控制,以通过所述方向变更构件变更所述测量光的行进方向而利用所述测量光对能够照射所述测量光的第一区域进行扫描,

[1984] 所述光学装置接收通过利用所述测量光对所述第一区域进行扫描而产生的来自所述第一区域的返回光,

[1985] 所述运算部基于所述光学装置对来自所述第一区域的返回光的受光结果,算出所述基准构件相对于所述光学装置的方向,

[1986] 所述运算部基于所述基准构件的方向对所述方向变更构件进行控制,以对所述基准构件照射所述测量光。

[1987] [附记313]

[1988] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[1989] 所述测量系统包括:

[1990] 光学装置,接收通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[1991] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所算出的所述距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。

[1992] [附记314]

- [1993] 根据附记313所述的测量系统,其中,
- [1994] 对所述机床进行控制的信息包含与所述载台的移动中产生的移动误差相关的信息、及与所述加工头的移动中产生的移动误差相关的信息中的至少一者。
- [1995] [附记315]
- [1996] 根据附记313或314所述的测量系统,其中,
- [1997] 对所述机床进行控制的信息包含用于修正所述载台的移动中产生的移动误差的信息、及用于修正所述加工头的移动中产生的移动误差的信息中的至少一者。
- [1998] [附记316]
- [1999] 根据附记313至315中任一项所述的测量系统,其中,
- [2000] 所述测量系统包括所述光学装置。
- [2001] [附记317]
- [2002] 一种机床,包括:
- [2003] 根据附记313至316中任一项所述的测量系统;
- [2004] 所述加工头;
- [2005] 所述载台;以及
- [2006] 驱动装置,使所述加工头及所述载台中的至少一者移动。
- [2007] [附记318]
- [2008] 一种测量方法,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [2009] 所述测量方法包括:
- [2010] 对基准构件照射测量光;
- [2011] 由光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;
- [2012] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离;以及
- [2013] 基于所算出的所述距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。
- [2014] [附记319]
- [2015] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记318所述的测量方法。
- [2016] [附记320]
- [2017] 一种记录介质,记录有根据附记319所述的计算机程序。
- [2018] [附记321]
- [2019] 一种测量系统,用于机床中,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,
- [2020] 所述测量系统包括:
- [2021] 运算部,基于光学装置对通过对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所算出的所述距离,生成用于对所述机床进行控制的信息。
- [2022] [附记322]
- [2023] 一种测量系统,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测

量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[2024] 所述测量系统包括:

[2025] 光学装置,接收对基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[2026] 运算部,基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,并基于所算出的所述距离,生成用于对所述工件测量装置进行控制的信息。

[2027] [附记323]

[2028] 一种机床,使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[2029] 所述机床

[2030] 包括运算部,所述运算部基于如下的光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,

[2031] 基于与所述载台及所述加工头中的至少一者的移动相关的指令值、以及所算出的所述距离,对所述载台及所述加工头中的至少一者进行控制。

[2032] [附记324]

[2033] 根据附记323所述的机床,其中,

[2034] 所述基准构件组装在所述主轴上,

[2035] 所述光学装置配置在所述载台上。

[2036] [附记325]

[2037] 根据附记323或324所述的机床,其中,

[2038] 所述光学装置组装在所述主轴上,

[2039] 所述基准构件配置在所述载台或所述载台上所载置的所述工件上。

[2040] [附记326]

[2041] 根据附记323至325中任一项所述的机床,其中,

[2042] 所述测量系统包括所述光学装置。

[2043] [附记327]

[2044] 根据附记323至326中任一项所述的机床,其中,

[2045] 所述基准构件配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[2046] [附记328]

[2047] 根据附记323至327中任一项所述的机床,其中,

[2048] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的多个基准构件的各个照射所述测量光而产生的来自所述多个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述多个基准构件的各个的距离,

[2049] 所述多个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[2050] [附记329]

[2051] 根据附记323至328中任一项所述的机床,其中,

[2052] 所述运算部基于如下的所述光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的至少四个基准构件的各个照射所述测量光而产生的、来自所述至少四个基准构件的各个的返回光的所述光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述至少四个基准构件的各个的距离,

[2053] 所述至少四个基准构件中的至少一个配置在所述载台上所载置的所述工件上。

[2054] [附记330]

[2055] 一种控制方法,对机床进行控制,所述机床使载置工件的载台与加工头中的至少一者移动,同时利用能够装卸地组装在所述加工头的主轴上的工具对所述工件进行加工,

[2056] 所述控制方法包括:

[2057] 对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光;

[2058] 由光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;

[2059] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离;以及

[2060] 基于与所述载台及所述加工头中的至少一者的移动相关的指令值、以及所算出的所述距离,对所述载台及所述加工头中的至少一者进行控制。

[2061] [附记331]

[2062] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记330所述的控制方法。

[2063] [附记332]

[2064] 一种记录介质,记录有根据附记331所述的计算机程序。

[2065] [附记333]

[2066] 一种工件测量装置,使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[2067] 所述工件测量装置

[2068] 包括运算部,所述运算部基于如下的光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离,

[2069] 基于与所述载台及所述测量头中的至少一者的移动相关的指令值、以及所算出的所述距离,对所述载台及所述测量头中的至少一者进行控制。

[2070] [附记334]

[2071] 一种光扫描装置,包括:

[2072] 光扫描构件,包括能够摆动的反射面,改变光束的射出角而射出所述光束;以及

[2073] 射出光学系统,将从所述光扫描装置的所述反射面入射的所述光束射出,

[2074] 所述射出光学系统具有1.1以上的角倍率,且在内部形成所述反射面的虚像。

[2075] [附记335]

[2076] 根据附记334所述的光扫描装置,其中,

[2077] 所述射出光学系统为焦外光学系统。

[2078] [附记336]

[2079] 根据附记334或335所述的光扫描装置,其中,

[2080] 所述射出光学系统包括：第一部分光学系统，配置在所述光扫描构件的所述反射面与所述虚像之间；以及第二部分光学系统，配置在所述虚像的射出侧，

[2081] 所述第二部分光学系统包括使凹面朝向所述虚像侧的一个以上的弯月面形状的透镜。

[2082] [附记337]

[2083] 一种光扫描装置，包括：

[2084] 光扫描构件，包括能够摆动的反射面，改变光束的射出角而射出所述光束；

[2085] 第一入射光学系统，使光束从第一入射方向入射到所述反射面；

[2086] 第二入射光学系统，使光束从与所述第一入射方向不同的第二入射方向入射到所述反射面；以及

[2087] 光路切换光学系统，在使所述光束所述第一入射光学系统入射的第一光路、与使所述光束向所述第二入射光学系统入射的第二光路之间切换所述光束的光路。

[2088] [附记338]

[2089] 根据附记337所述的光扫描装置，其中，

[2090] 从所述第一入射方向入射并被所述反射面反射的光束通过所述反射面的摆动而在第一角度范围内改变行进方向，

[2091] 从所述第二入射方向入射并被所述反射面反射的光束通过所述反射面的摆动而在与所述第一角度范围至少部分不同的第二角度范围内改变行进方向。

[2092] [附记339]

[2093] 根据附记337或338所述的光扫描装置，其中，

[2094] 所述第一入射光学系统包括第一偏向构件，所述第一偏向构件使所述光束偏向而入射到所述光扫描构件的所述反射面，

[2095] 从所述第一偏向构件到所述反射面的所述光束的光路位于向所述第一偏向构件入射的所述光束的光路与被所述反射面反射的所述光束的光路之间。

[2096] [附记340]

[2097] 一种测量方法，用于工件测量装置中，所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动，同时使用所述测量头对工件进行测量，

[2098] 所述测量方法包括：

[2099] 利用光学装置对基准构件照射测量光；

[2100] 由所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光；以及

[2101] 通过基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果，算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[2102] [附记341]

[2103] 一种计算机程序，使计算机执行根据附记340所述的测量方法。

[2104] [附记342]

[2105] 一种记录介质，记录有根据附记341所述的计算机程序。

[2106] [附记343]

[2107] 一种光学装置，用于工件测量装置中，所述工件测量装置使载置工件的载台与测

量头中的至少一者移动,同时使用所述头对所述工件进行测量,

[2108] 所述光学装置包括:

[2109] 受光部,接收通过对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光。

[2110] [附记344]

[2111] 一种工件测量装置,使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时利用所述测量头对所述工件进行测量,

[2112] 所述工件测量装置包括:

[2113] 运算部,基于如下的光学装置、即接收通过对配置在所述载台及所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光而产生的来自所述基准构件的返回光的光学装置的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离。

[2114] [附记345]

[2115] 一种测量方法,用于工件测量装置中,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时使用所述测量头对工件进行测量,

[2116] 所述测量方法包括:

[2117] 利用光学装置对基准构件照射测量光;

[2118] 由所述光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;以及

[2119] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,生成用于对所述工件测量装置进行控制的信息。

[2120] [附记346]

[2121] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记345所述的测量方法。

[2122] [附记347]

[2123] 一种记录介质,记录有根据附记346所述的计算机程序。

[2124] [附记348]

[2125] 一种控制方法,对工件测量装置进行控制,所述工件测量装置使载置工件的载台与测量头中的至少一者移动,同时利用所述测量头对所述工件进行测量,

[2126] 所述控制方法包括:

[2127] 对配置在所述载台与所述工件中的至少一者上的基准构件照射测量光;

[2128] 由光学装置接收通过对所述基准构件照射所述测量光而产生的来自所述基准构件的返回光;

[2129] 基于所述光学装置对来自所述基准构件的返回光的受光结果,算出所述光学装置与所述基准构件的距离;以及

[2130] 基于与所述载台及所述测量头中的至少一者的移动相关的指令值、以及所算出的所述距离,对所述载台及所述测量头中的至少一者进行控制。

[2131] [附记349]

[2132] 一种计算机程序,使计算机执行根据附记348所述的控制方法。

[2133] [附记350]

[2134] 一种记录介质,记录有根据附记349所述的计算机程序。

[2135] 上述各实施方式的构成要件的至少一部分可与上述各实施方式的构成要件的至少另一部分适宜地组合。也可不使用上述各实施方式的构成要件中的一部分。另外,只要法令允许,援用上述各实施方式中引用的全部公开公报及美国专利的公开作为本文记载的一部分。

[2136] 本发明并不限于上述实施例,能够在不违背从权利要求书及说明书整体读取的发明的主旨或思想的范围内适宜地变更,伴随此种变更的测量系统、机床、光学装置、测量方法、计算机程序及记录介质也包含在本发明的技术范围内。

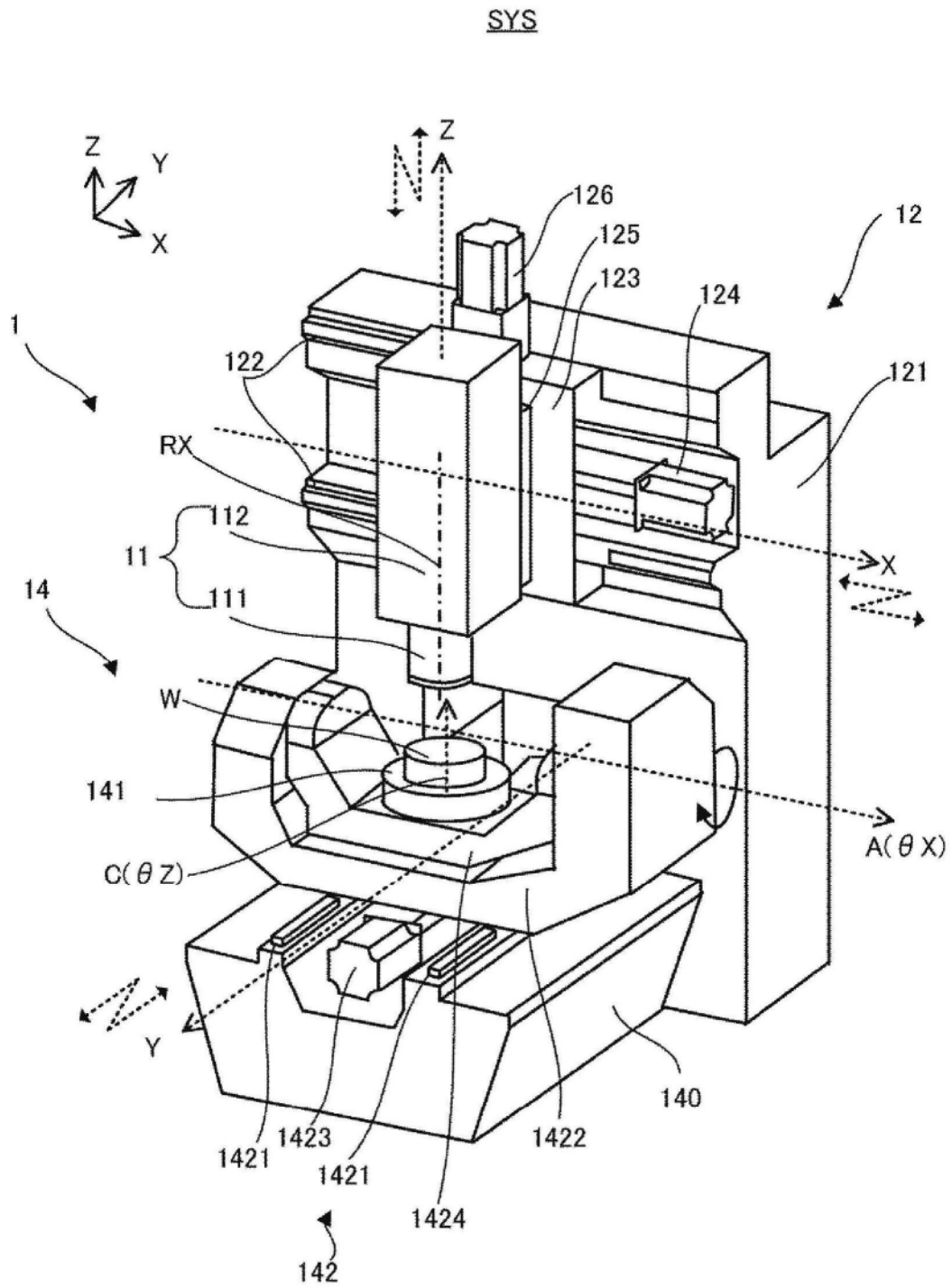


图1

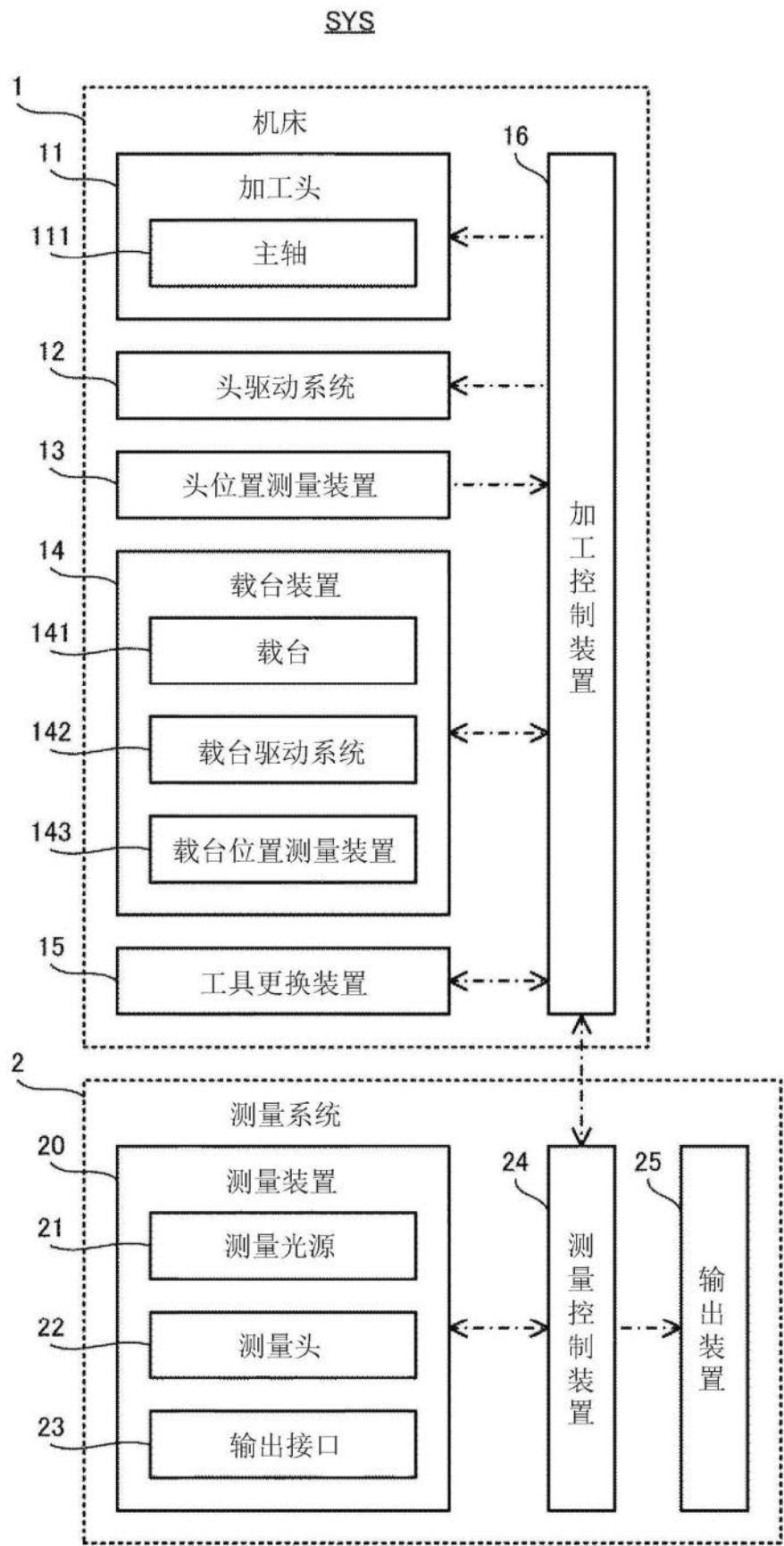


图2

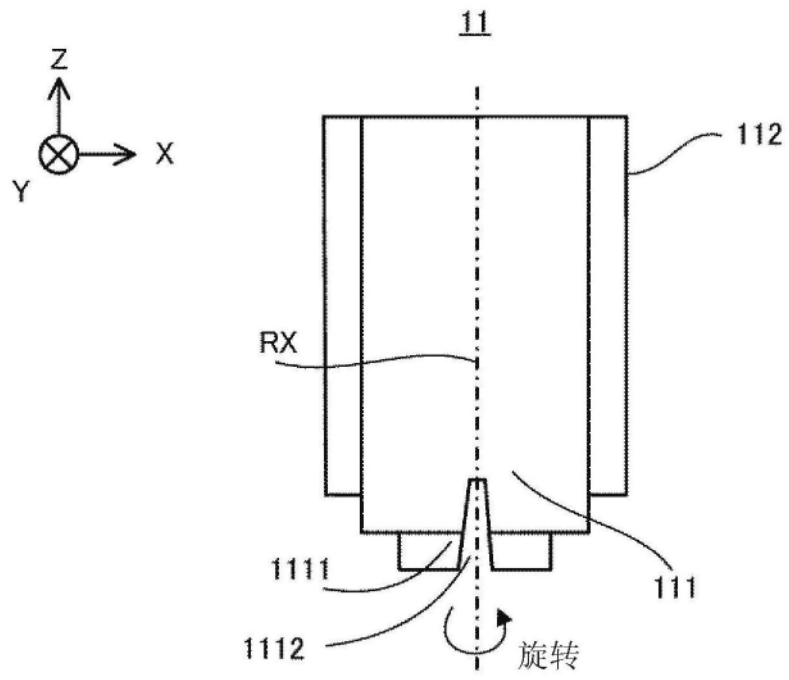


图3

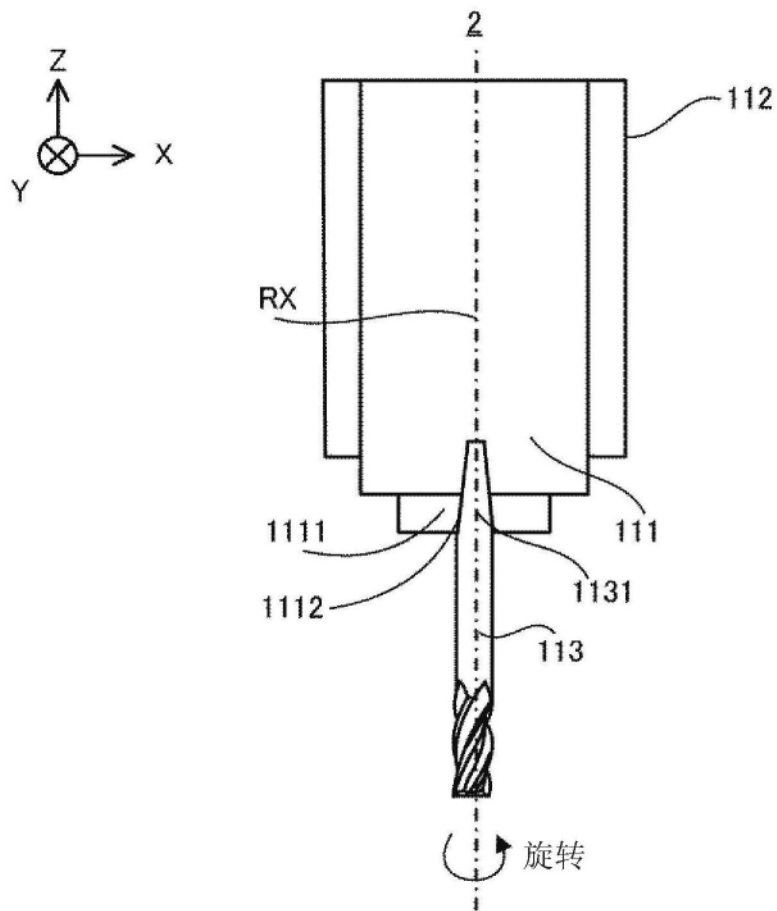


图4

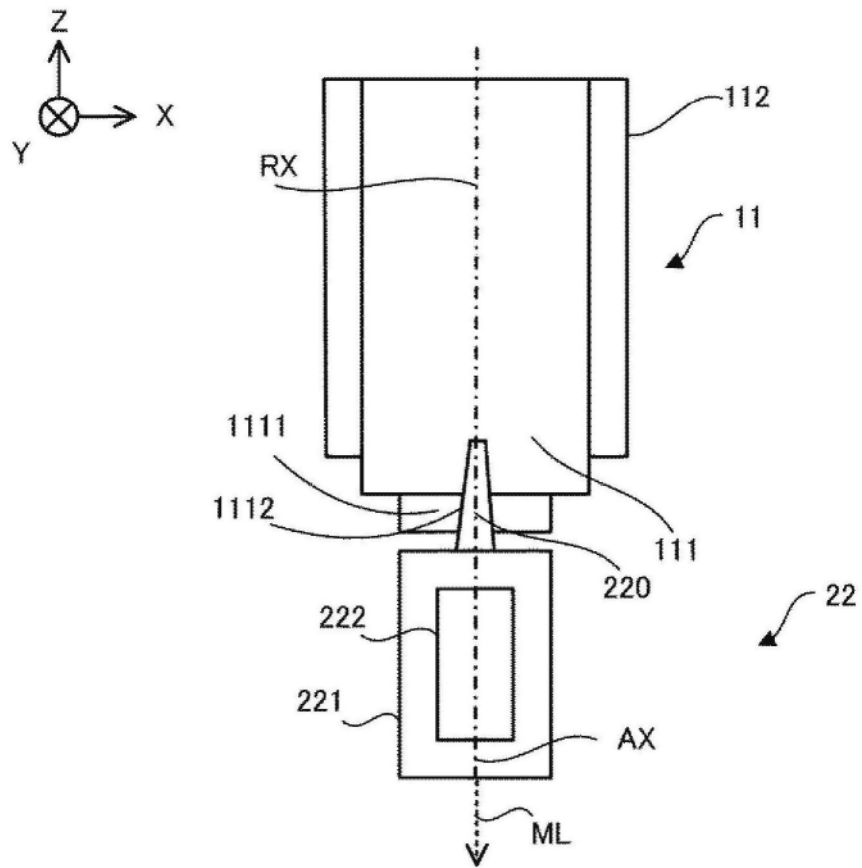


图5

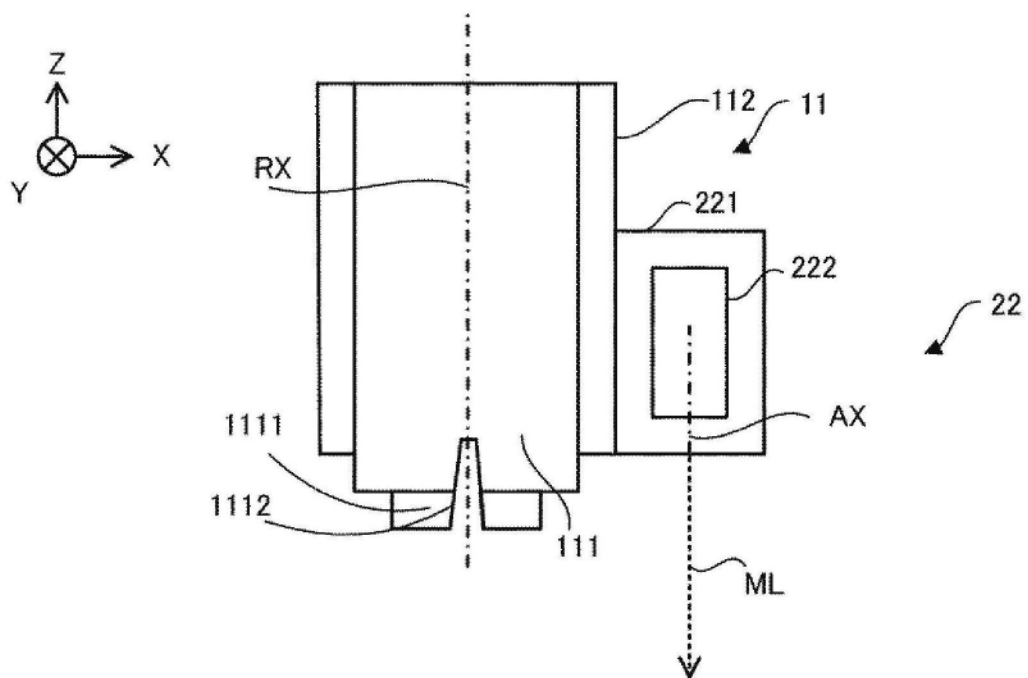


图6

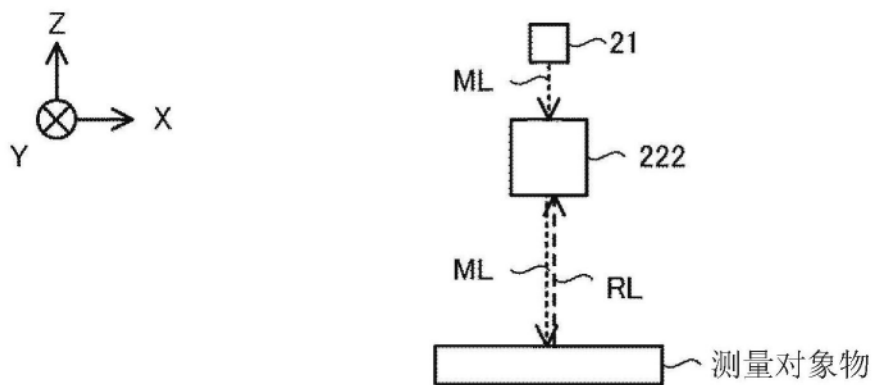


图7

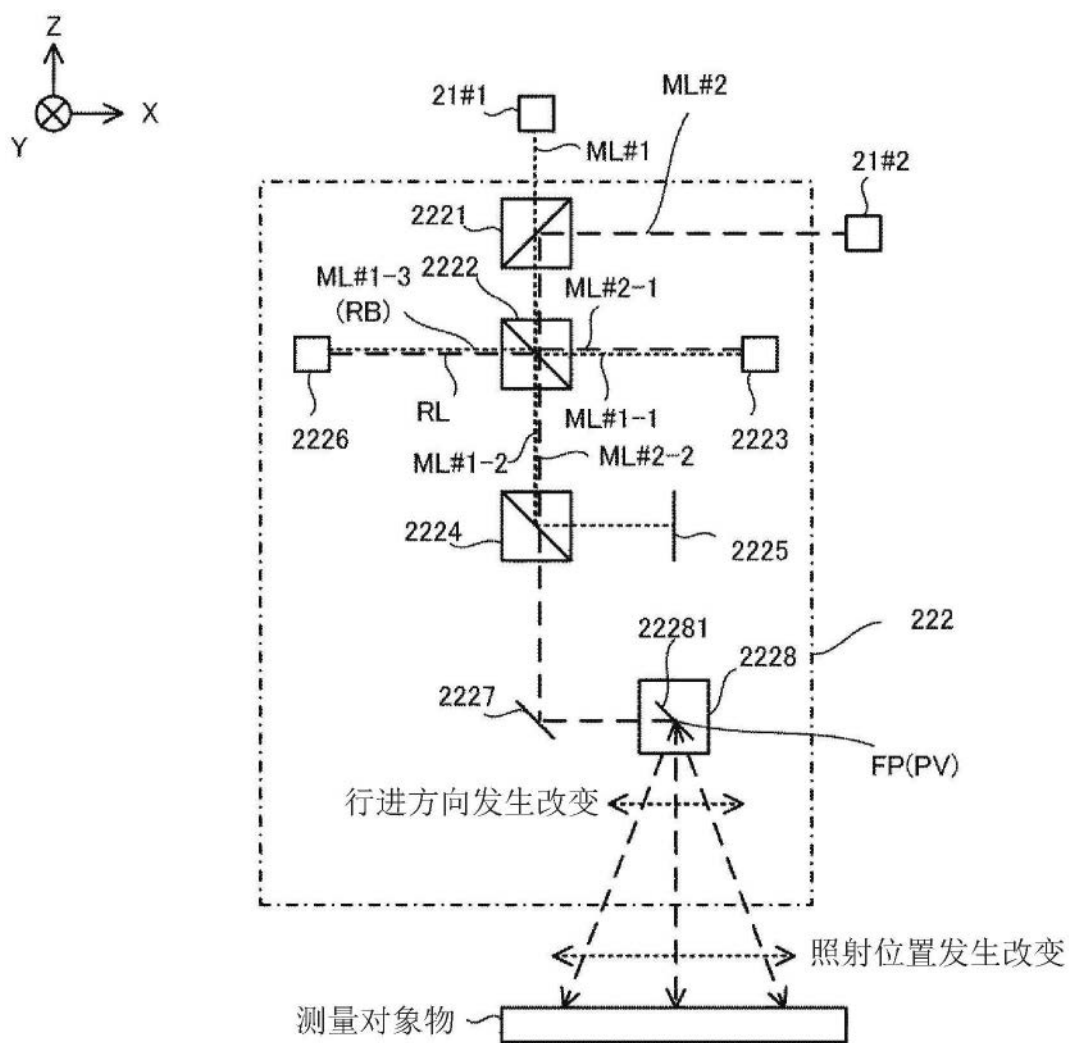


图8

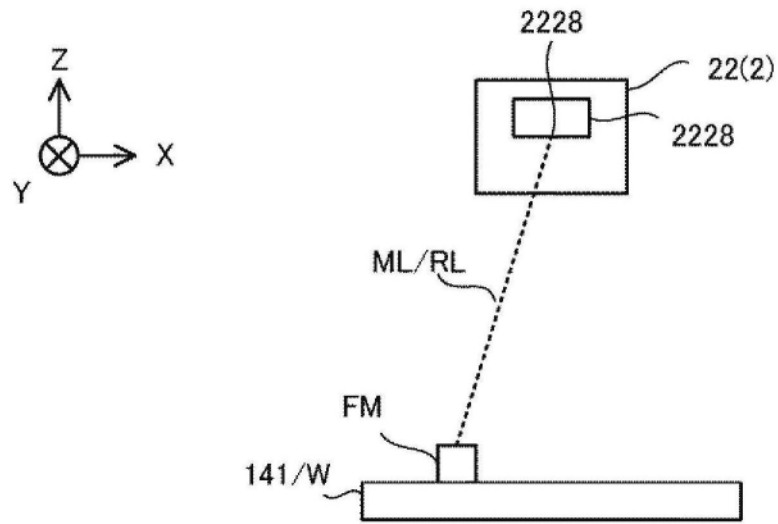


图9

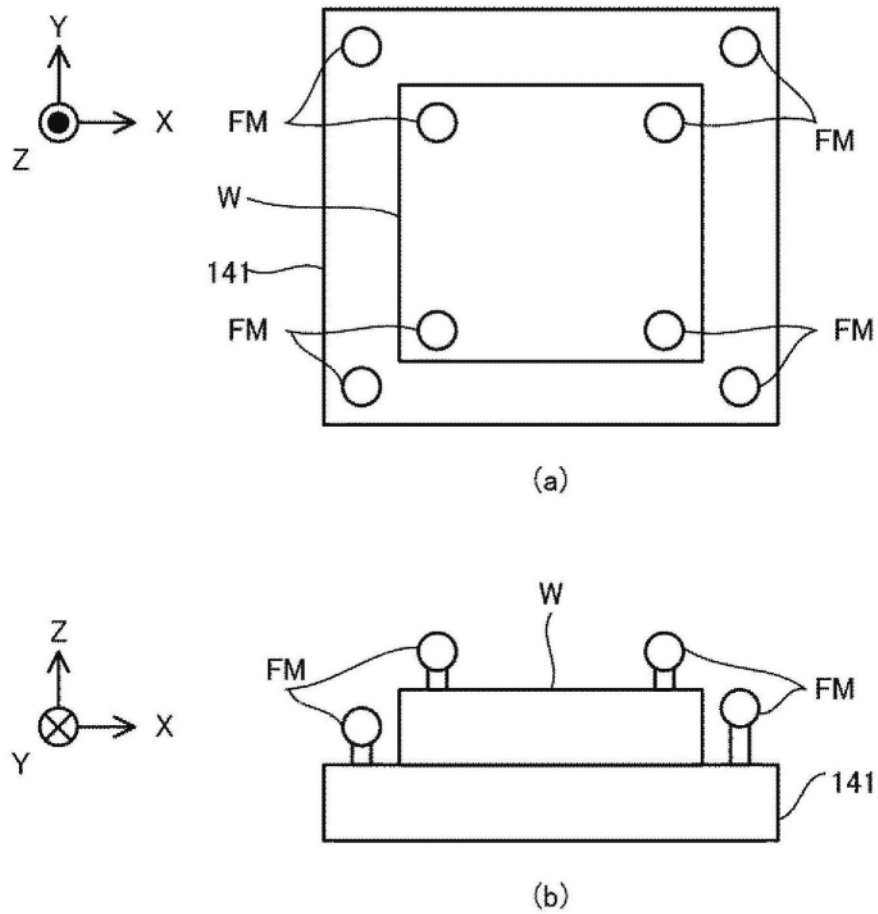


图10

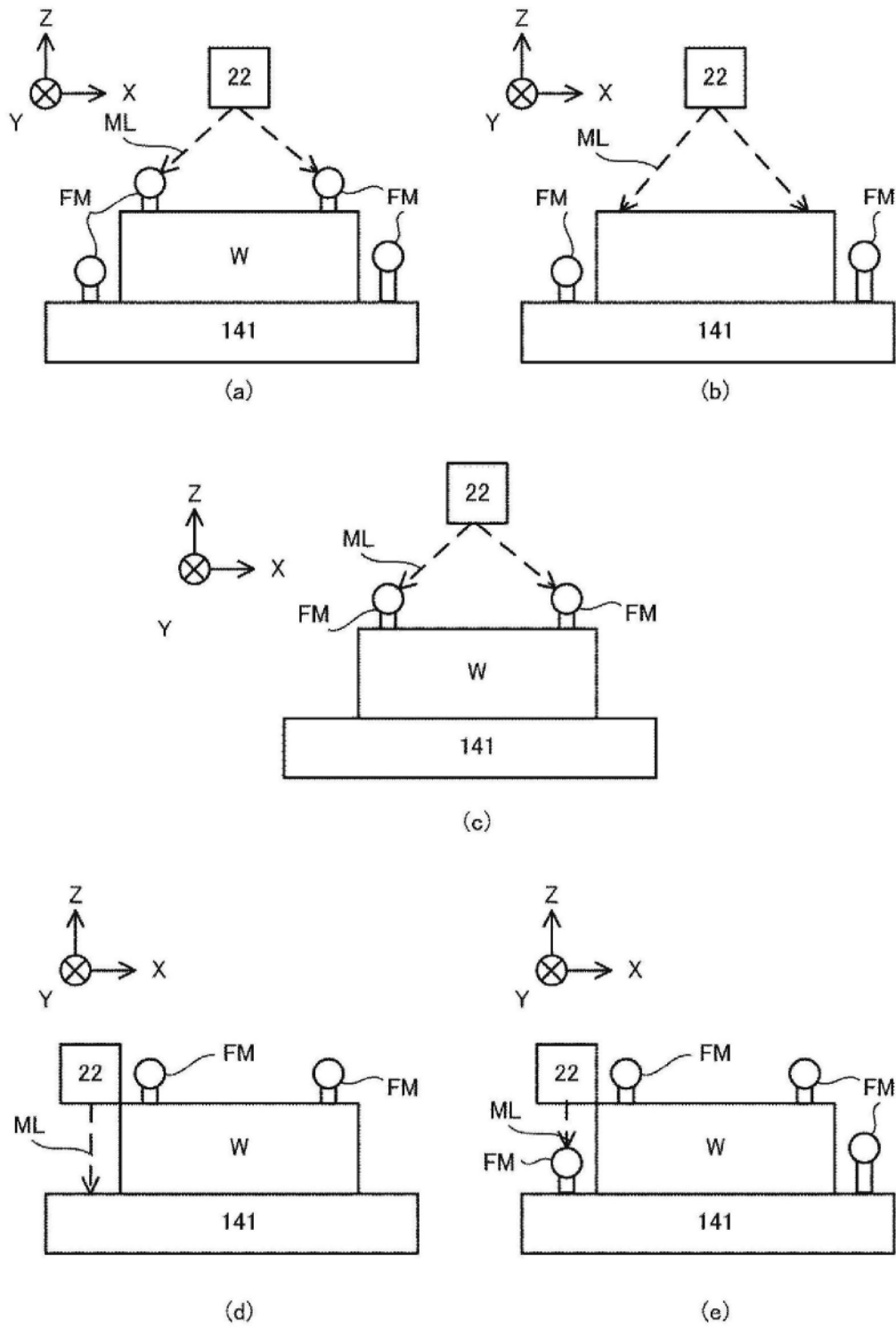


图11

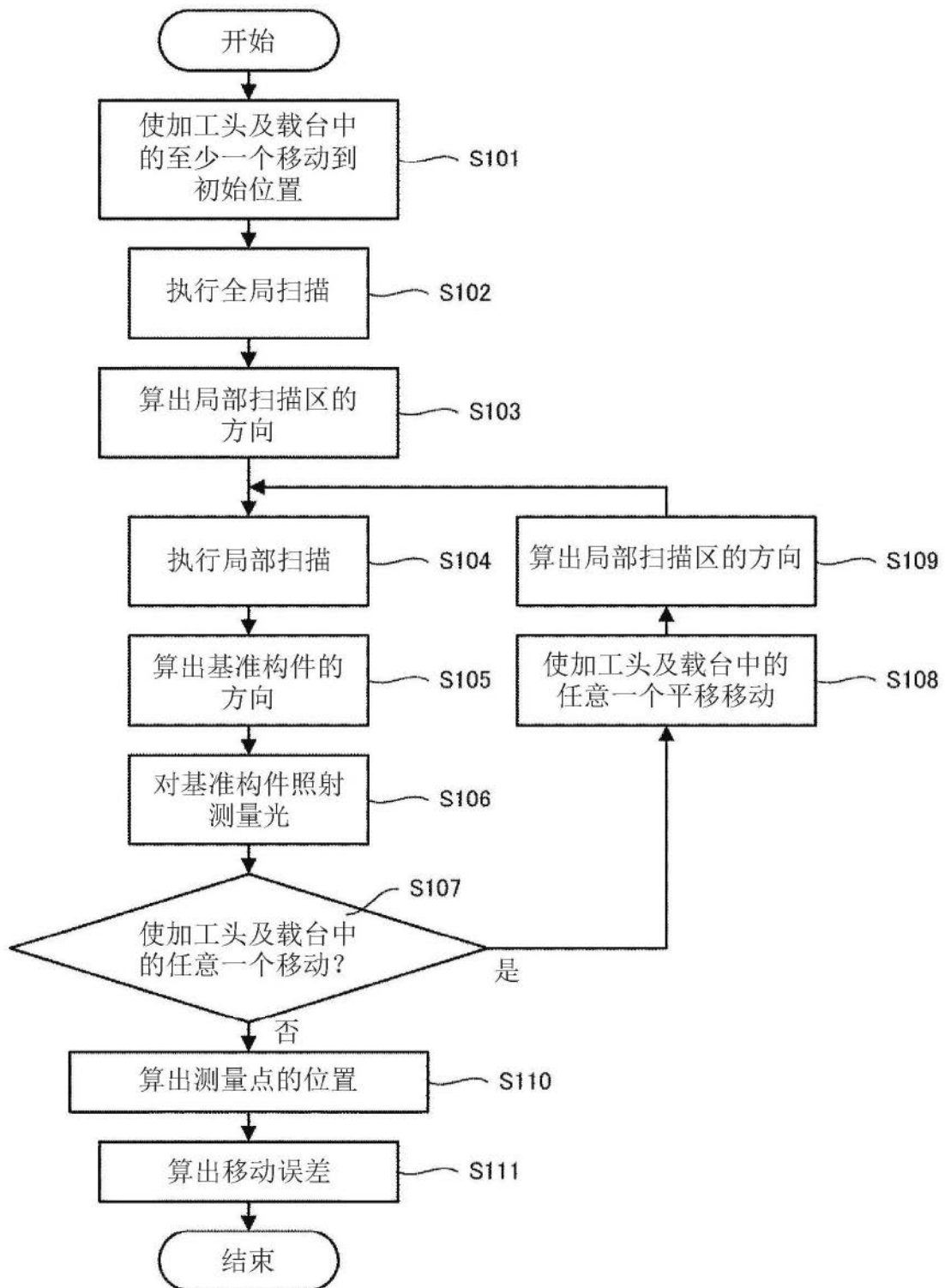


图12

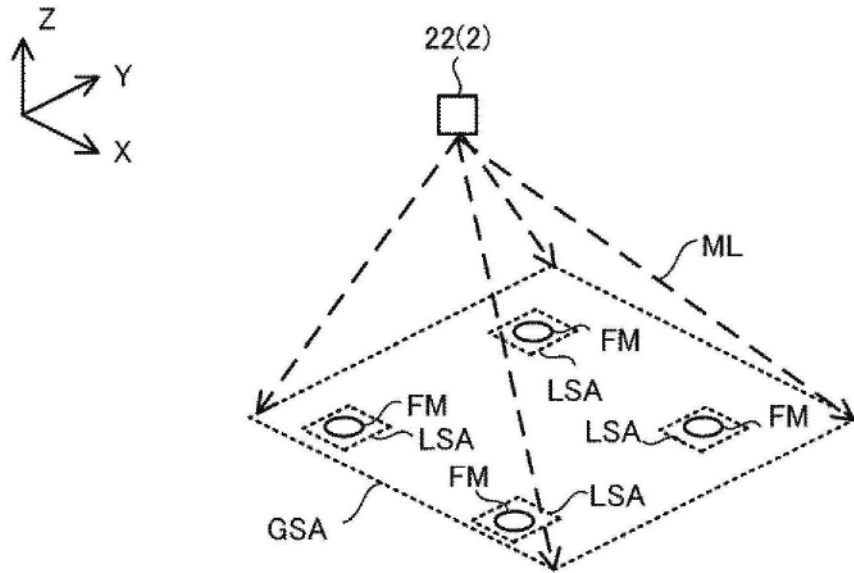


图13

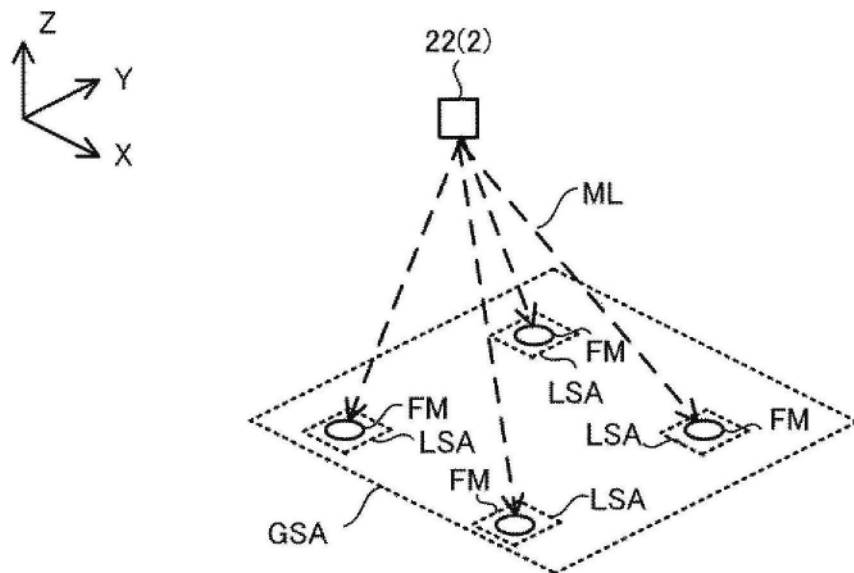


图14

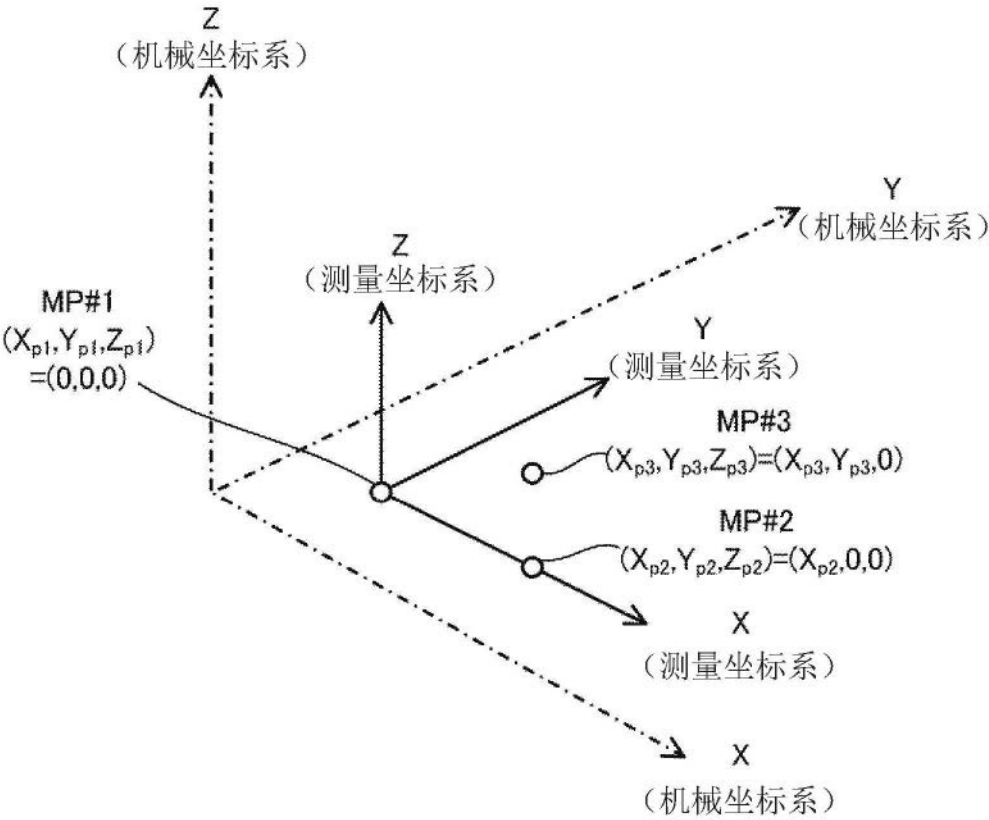


图15

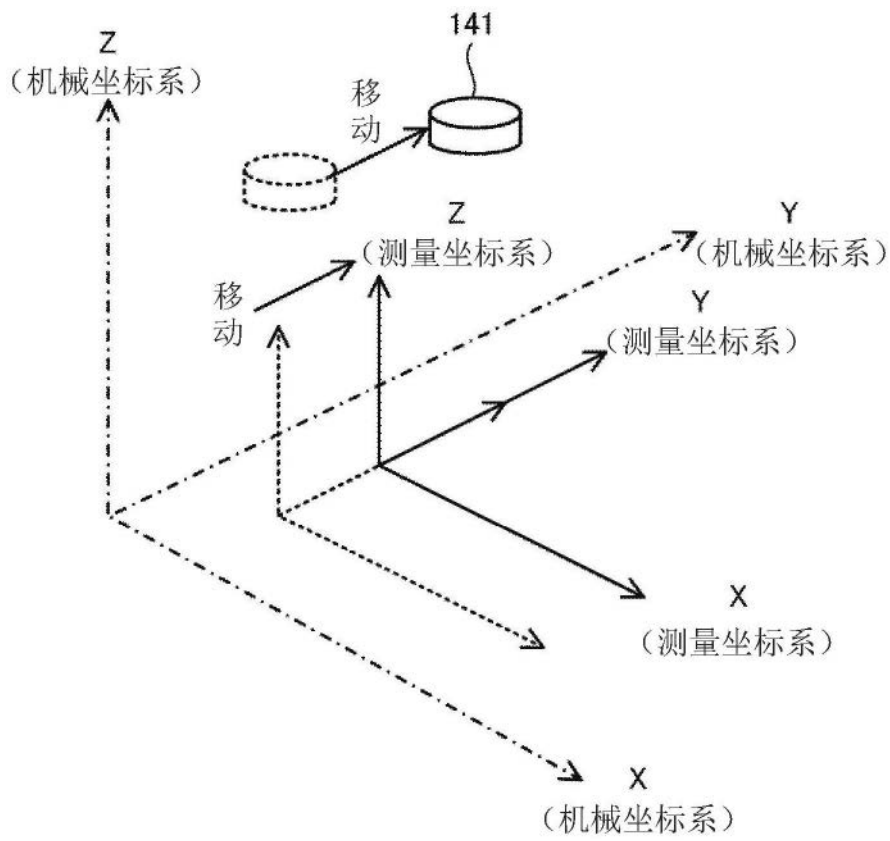


图16

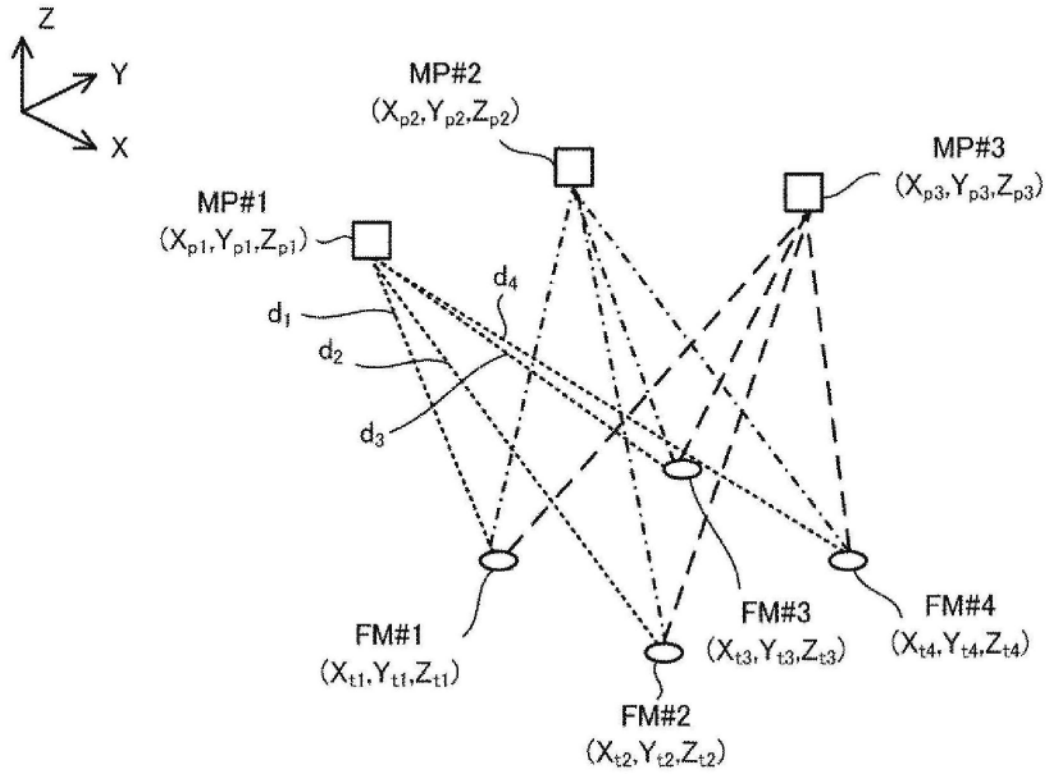


图17

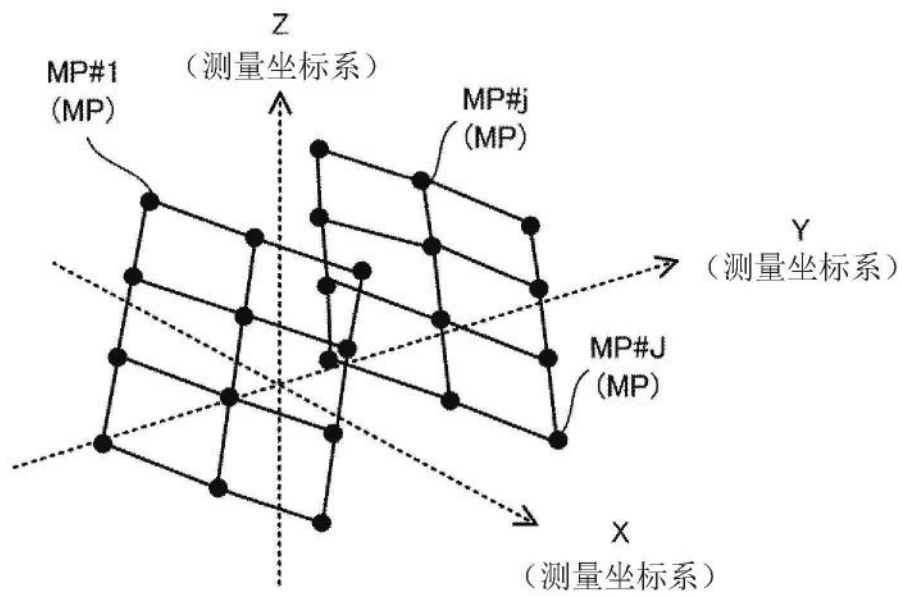


图18

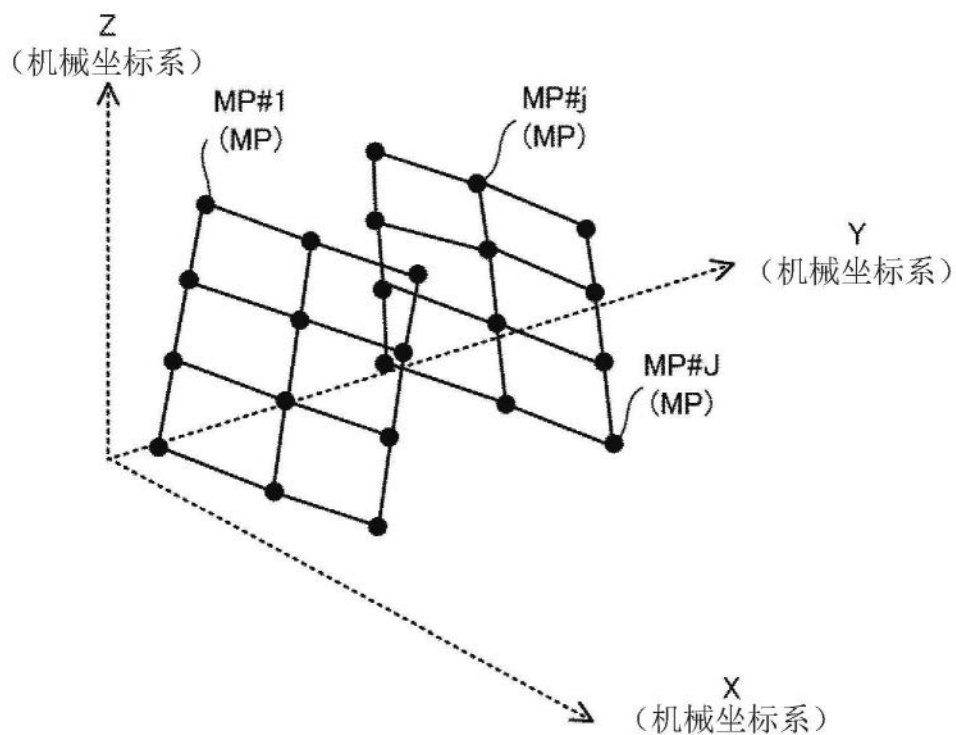


图19

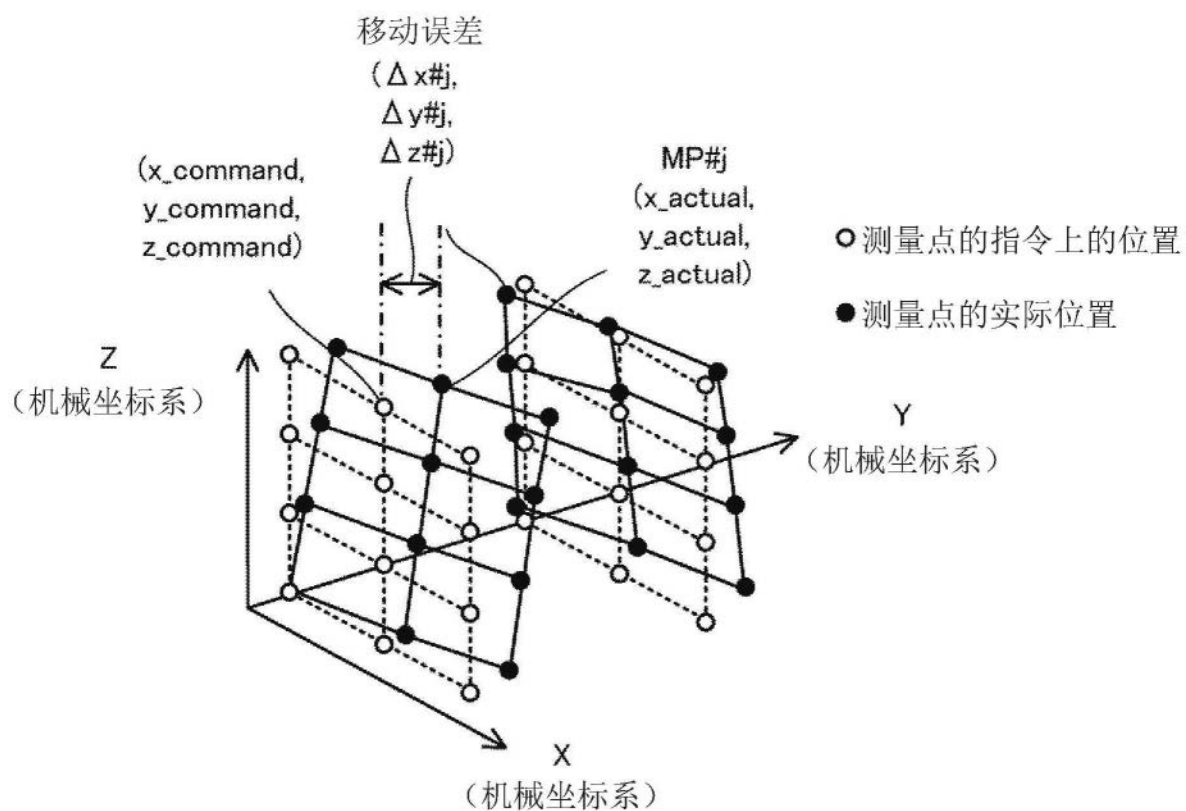


图20

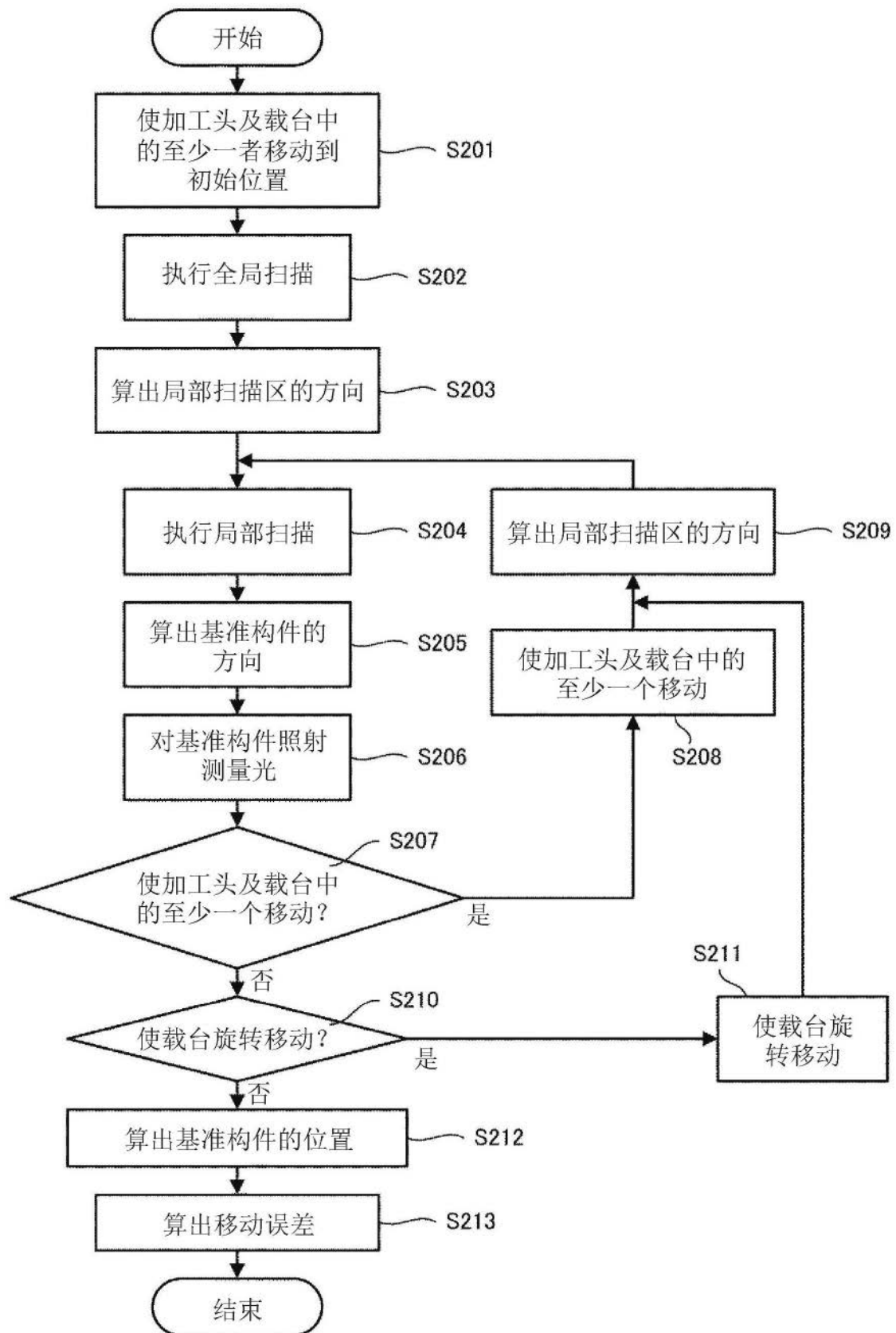


图21

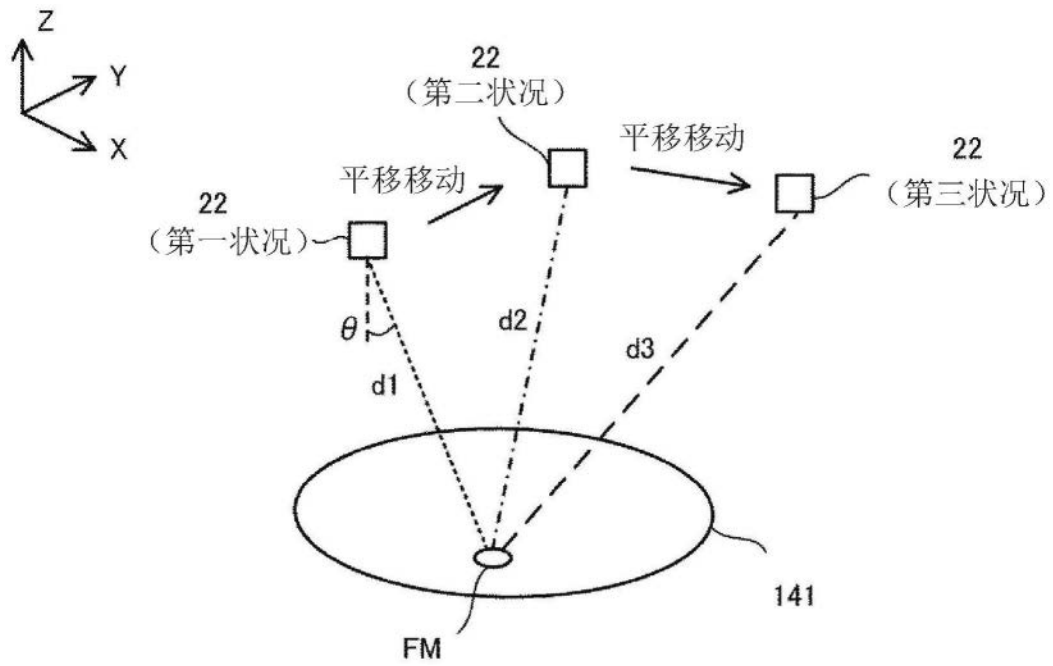


图22

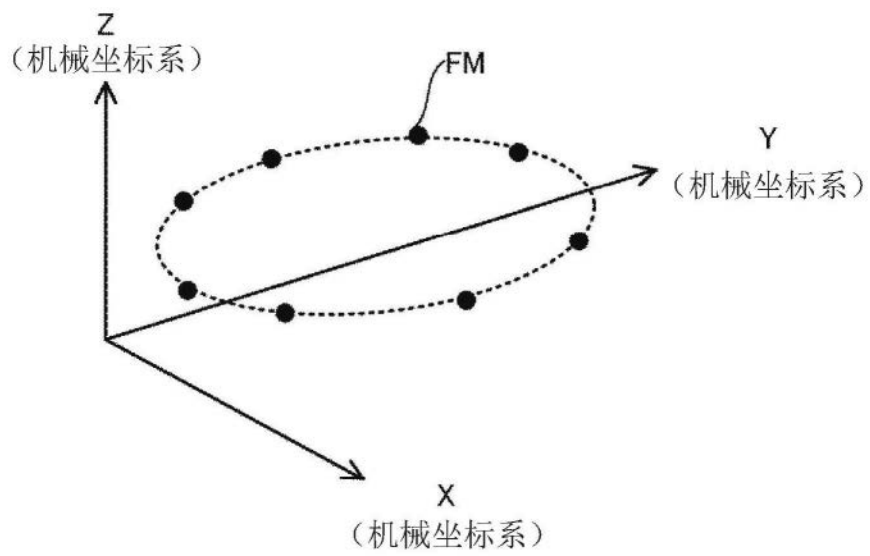
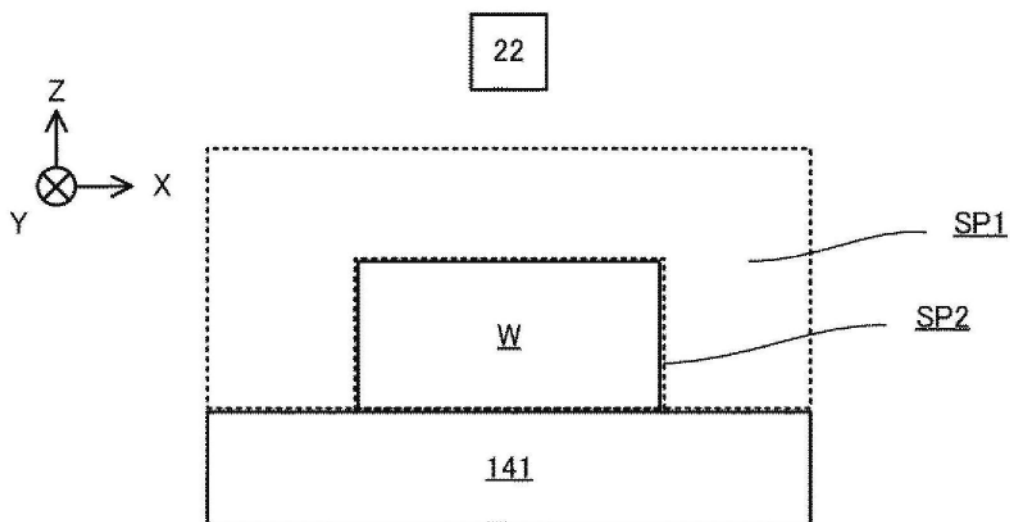
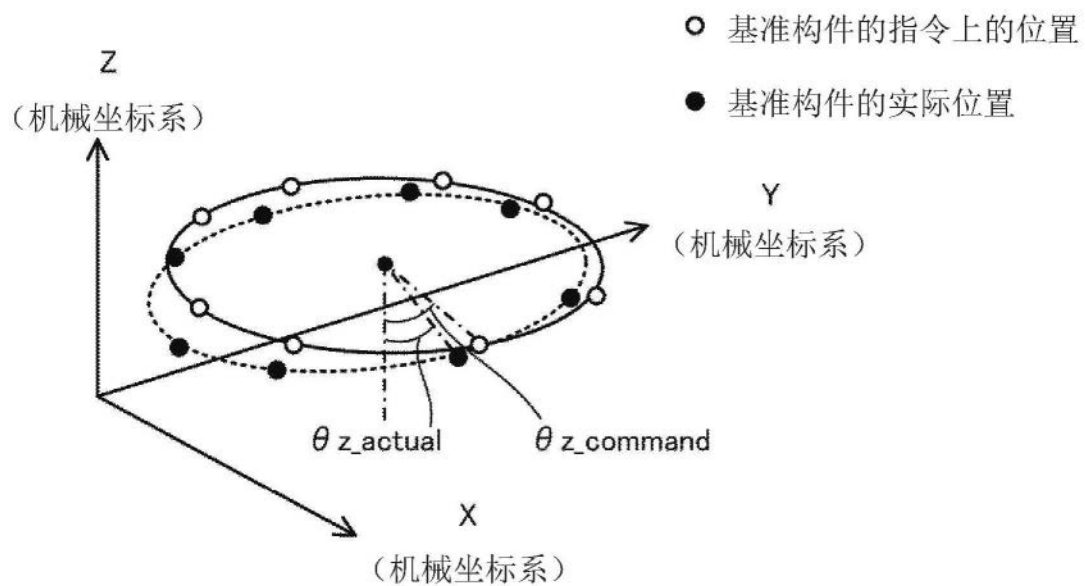


图23



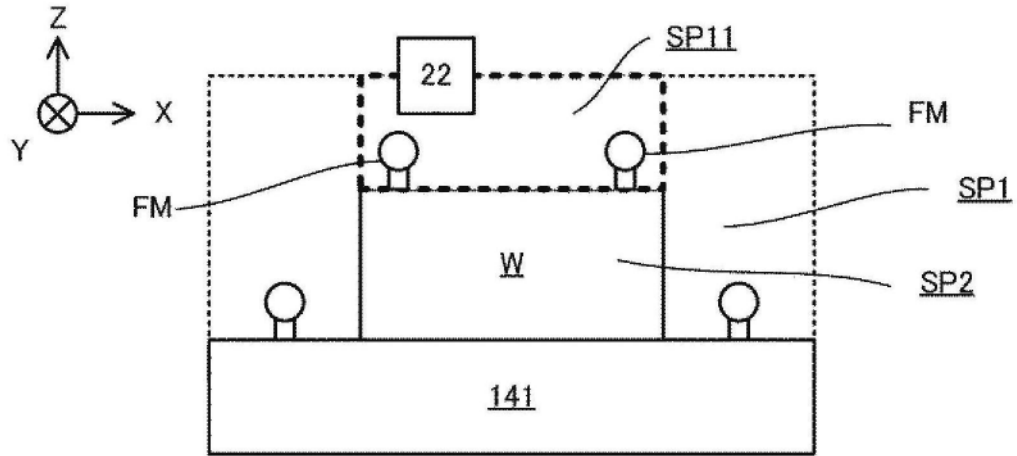


图26

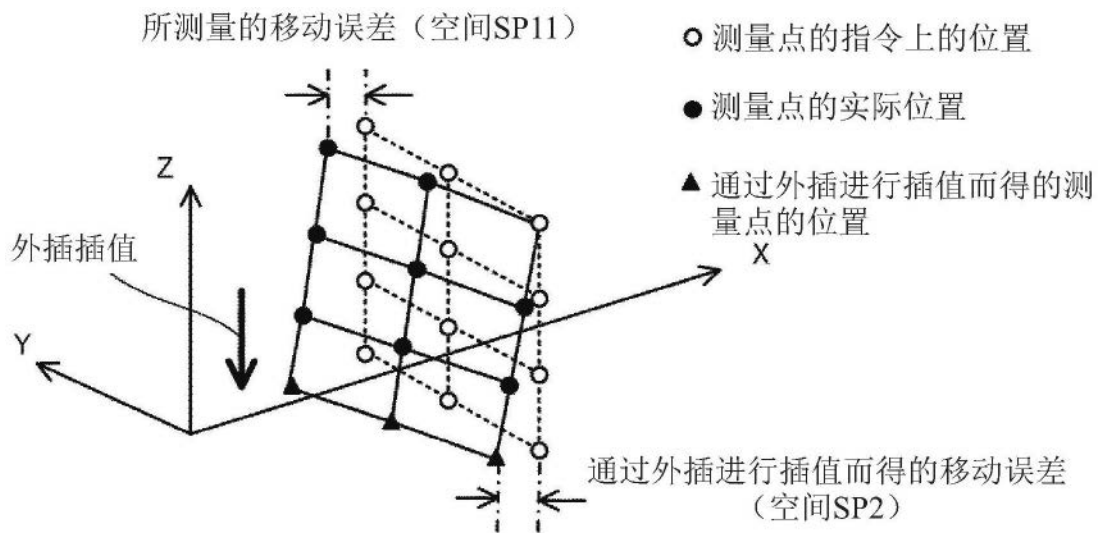


图27

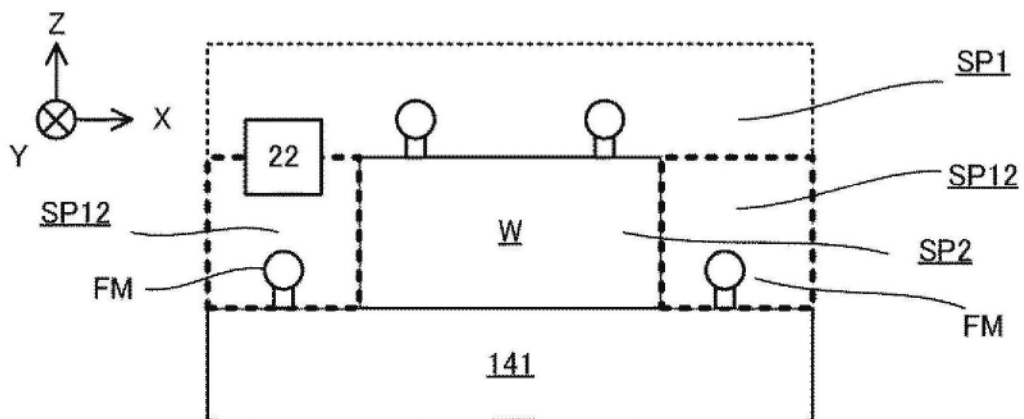


图28

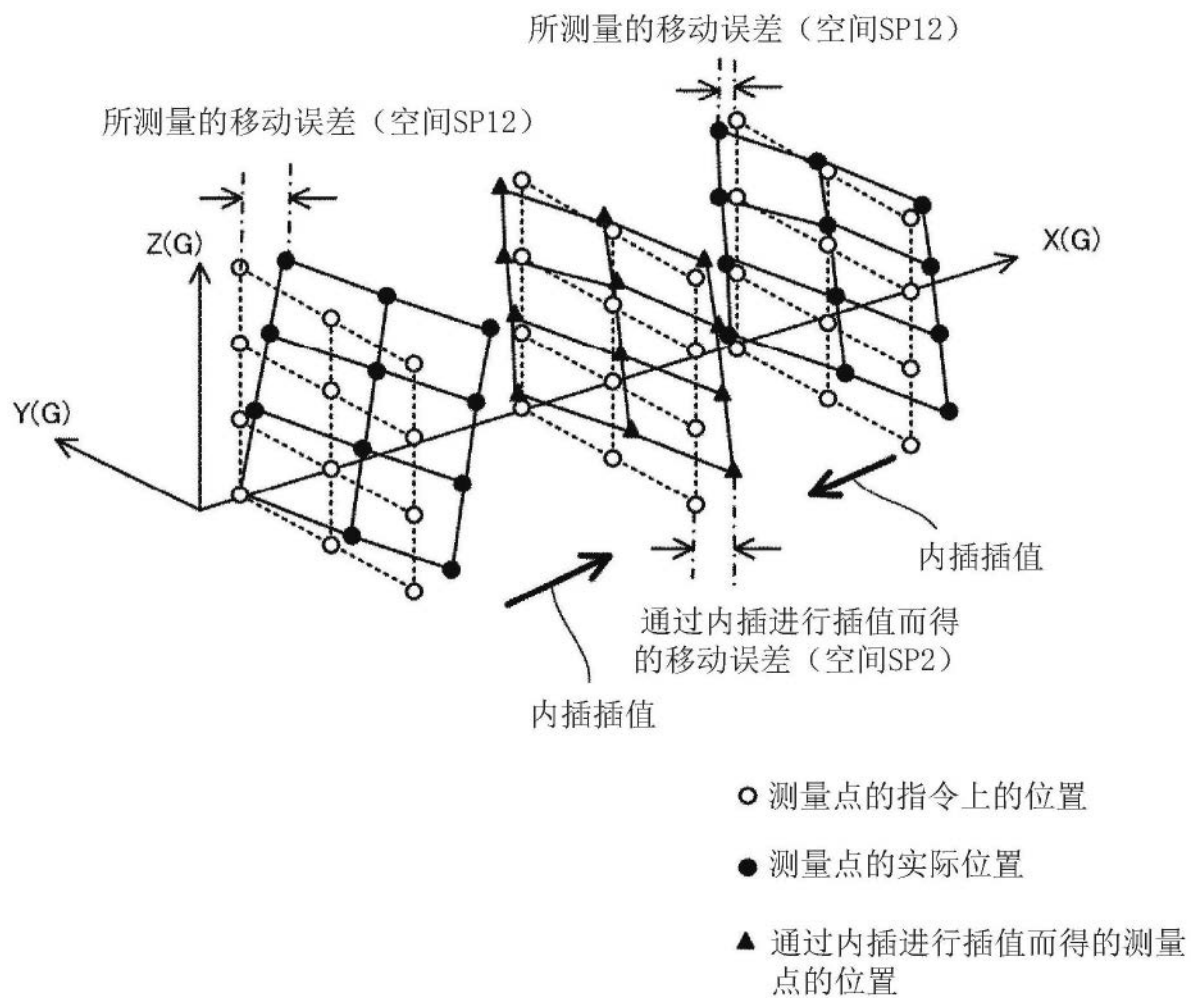


图29

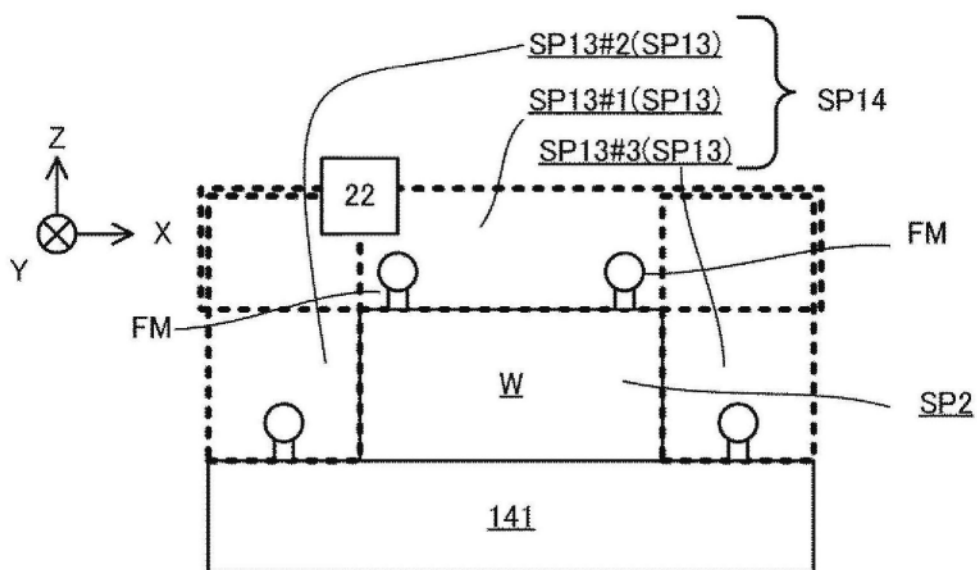


图30

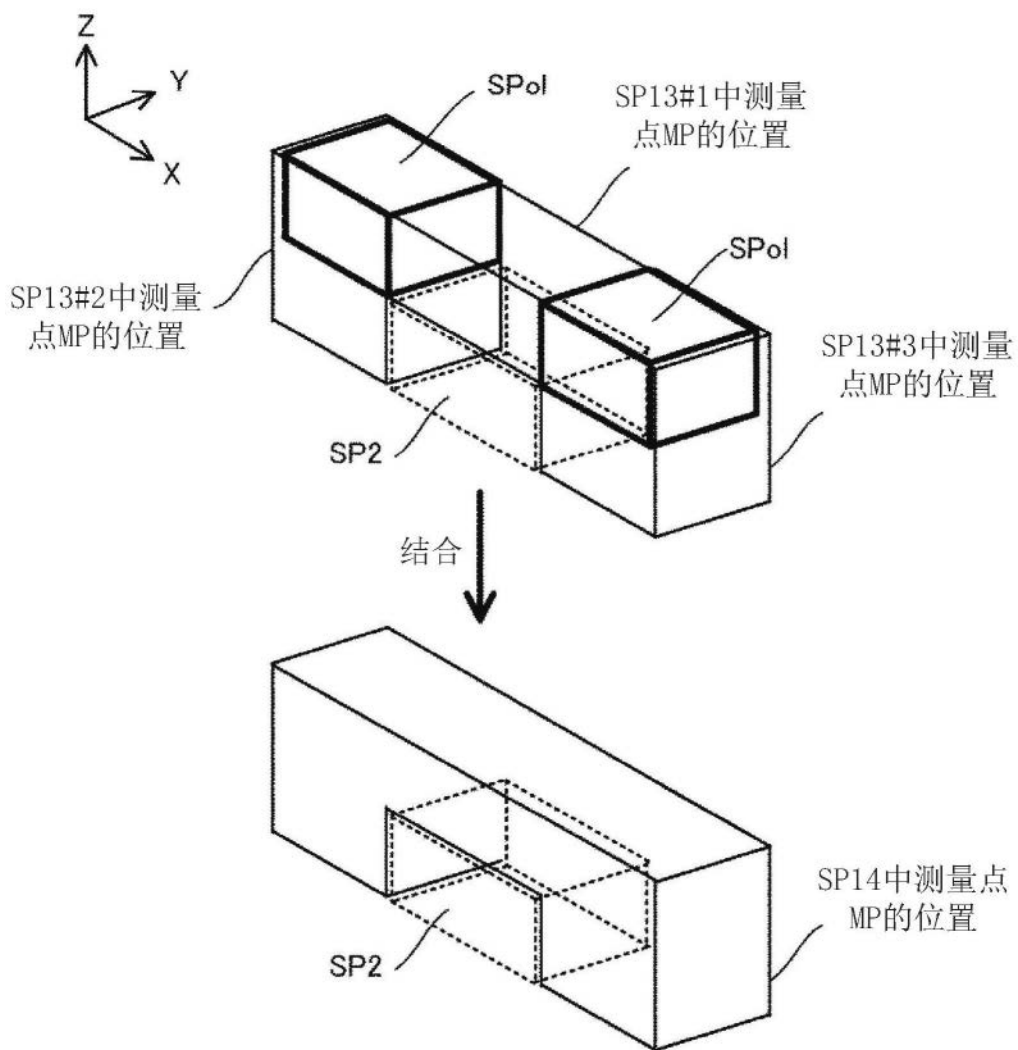
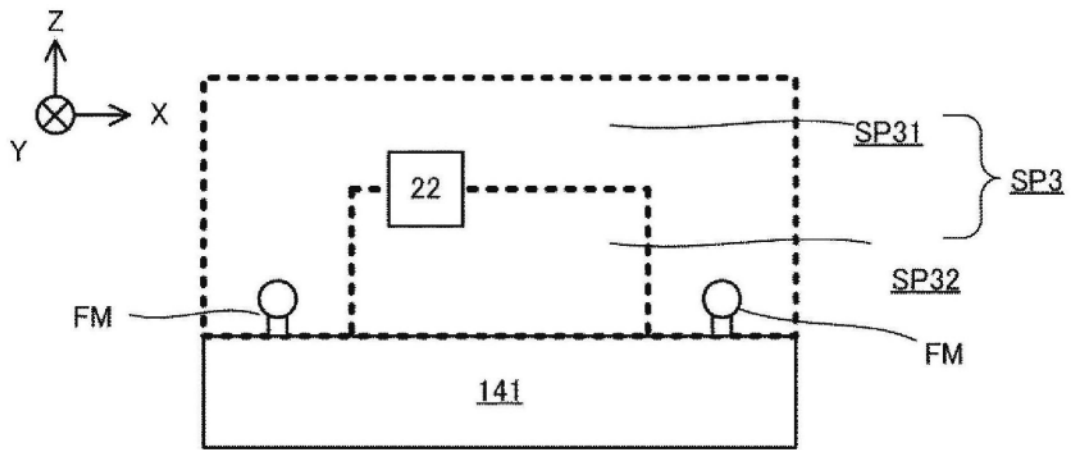
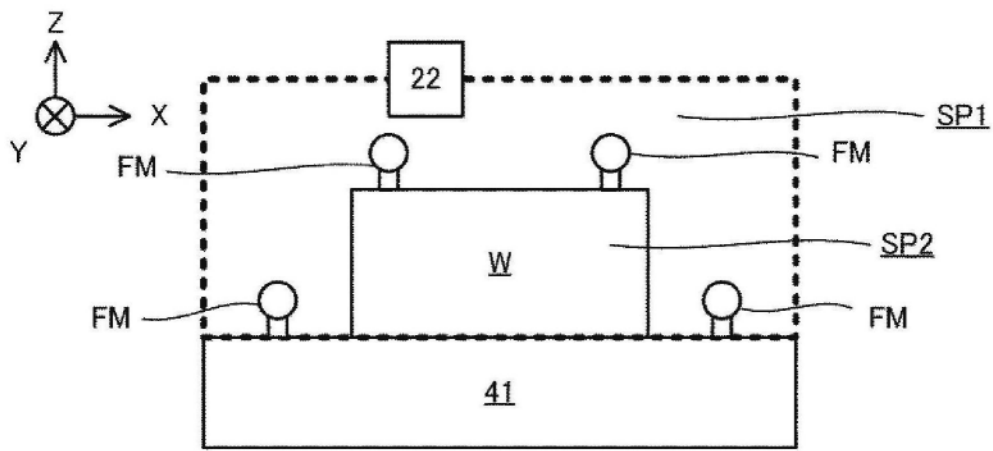


图31



(a)



(b)

图32

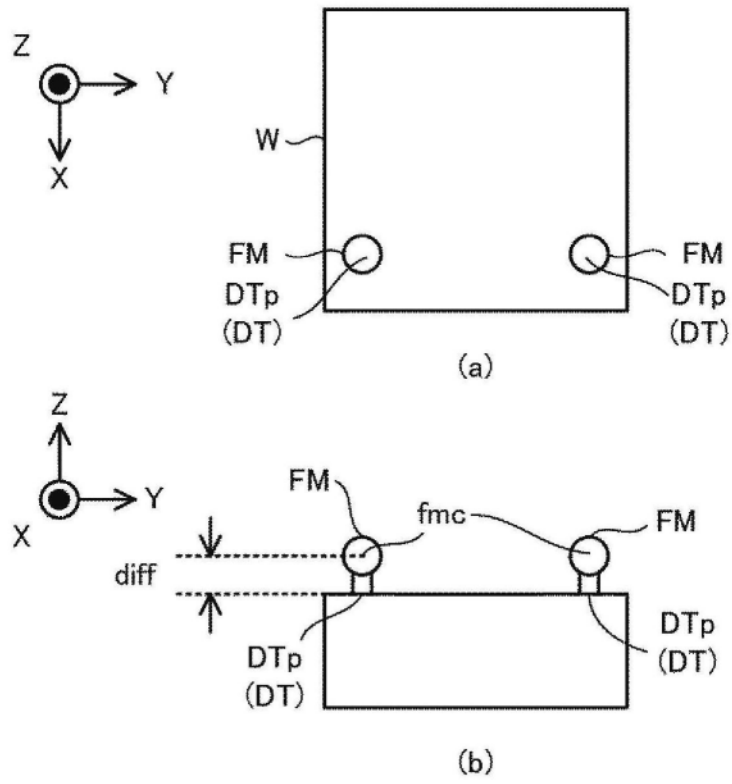


图33

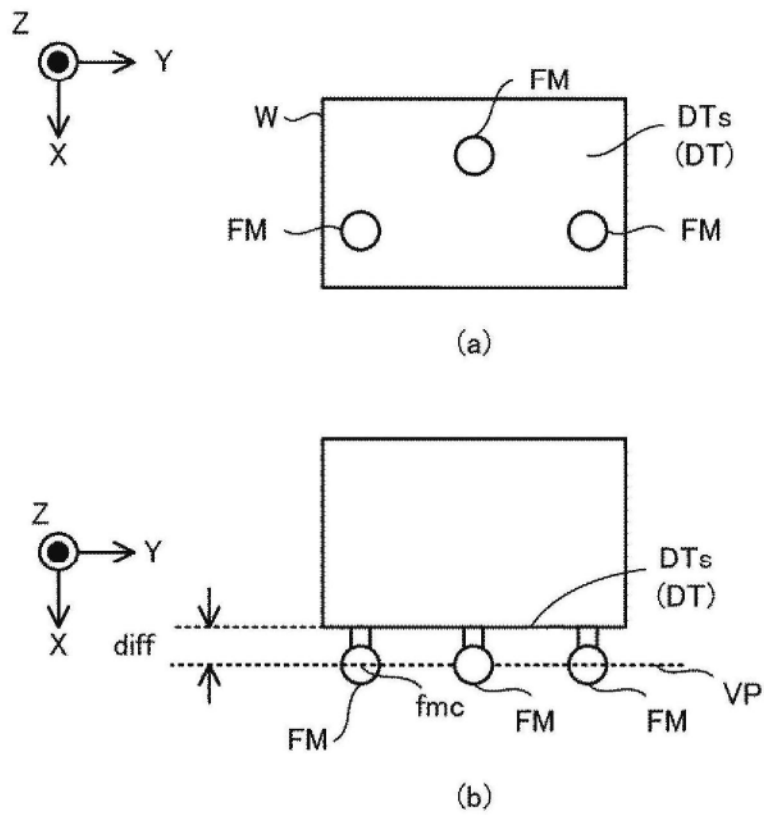


图34

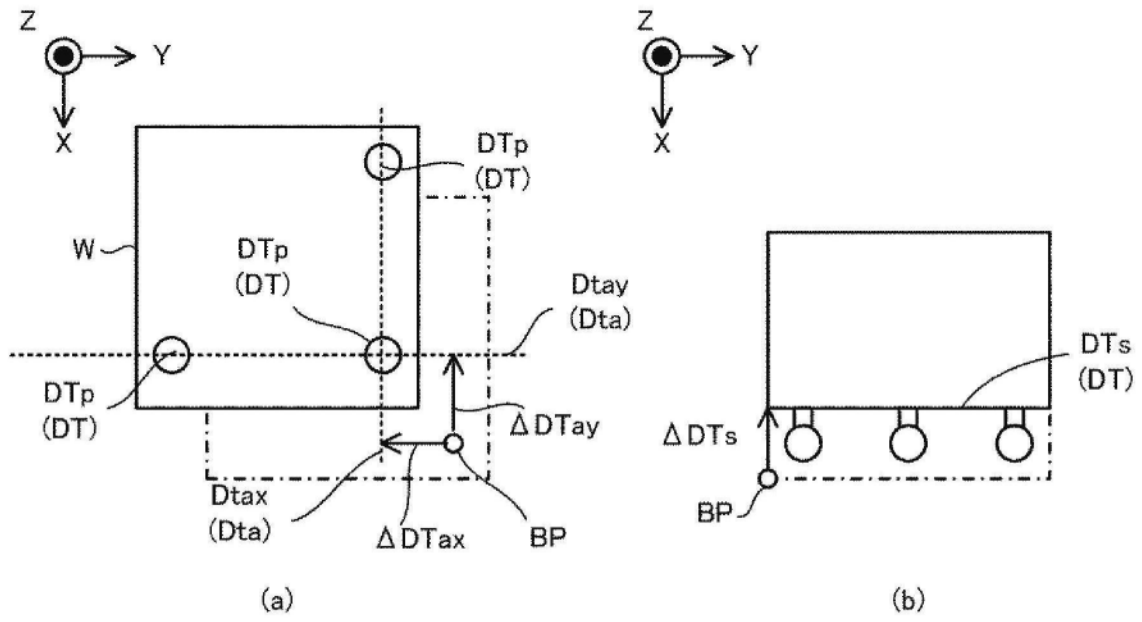


图35

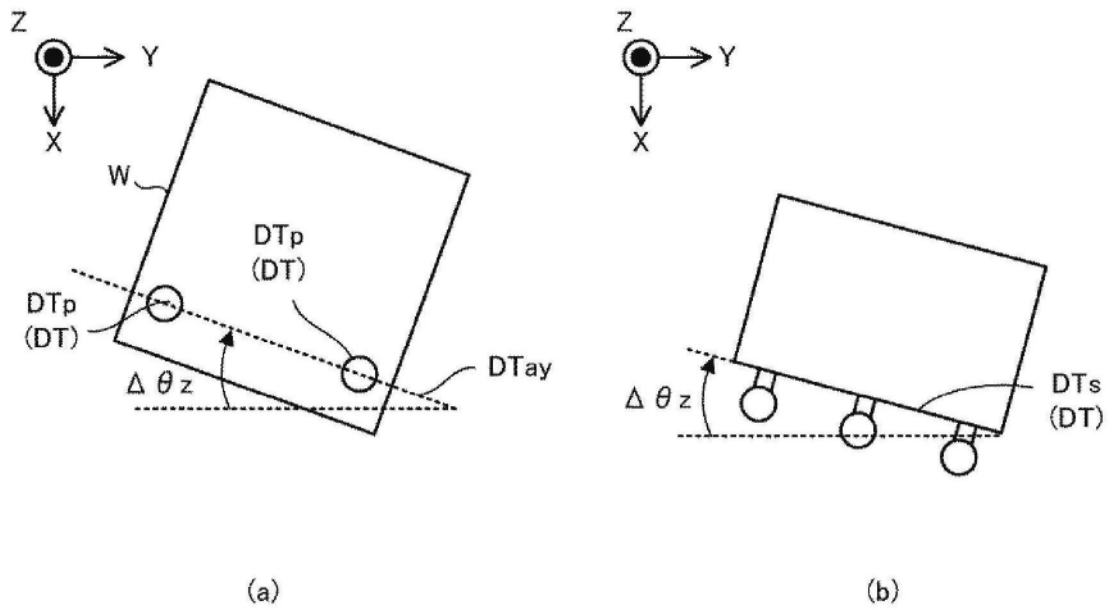


图36

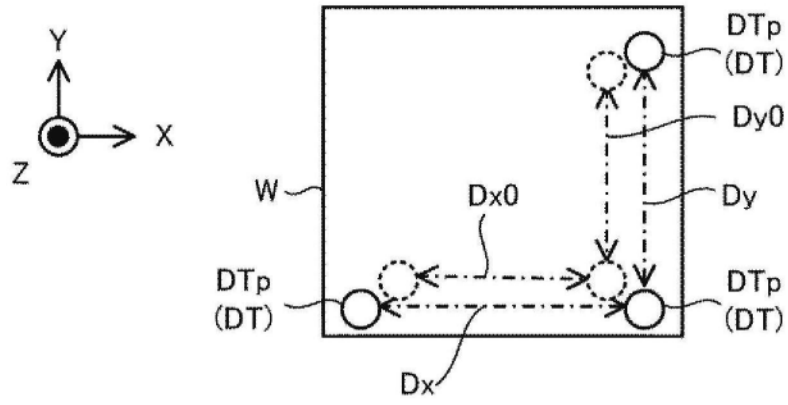


图37

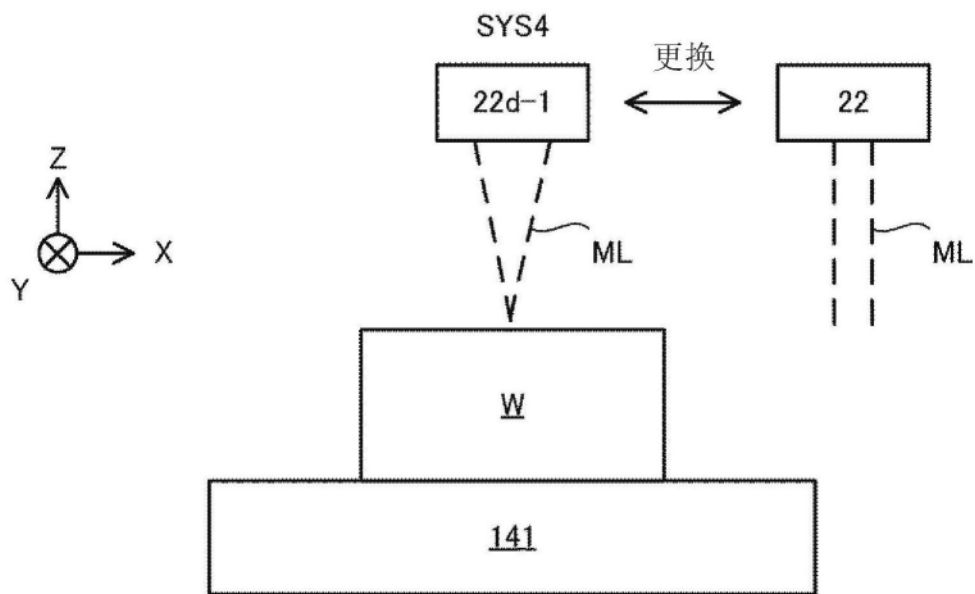


图38

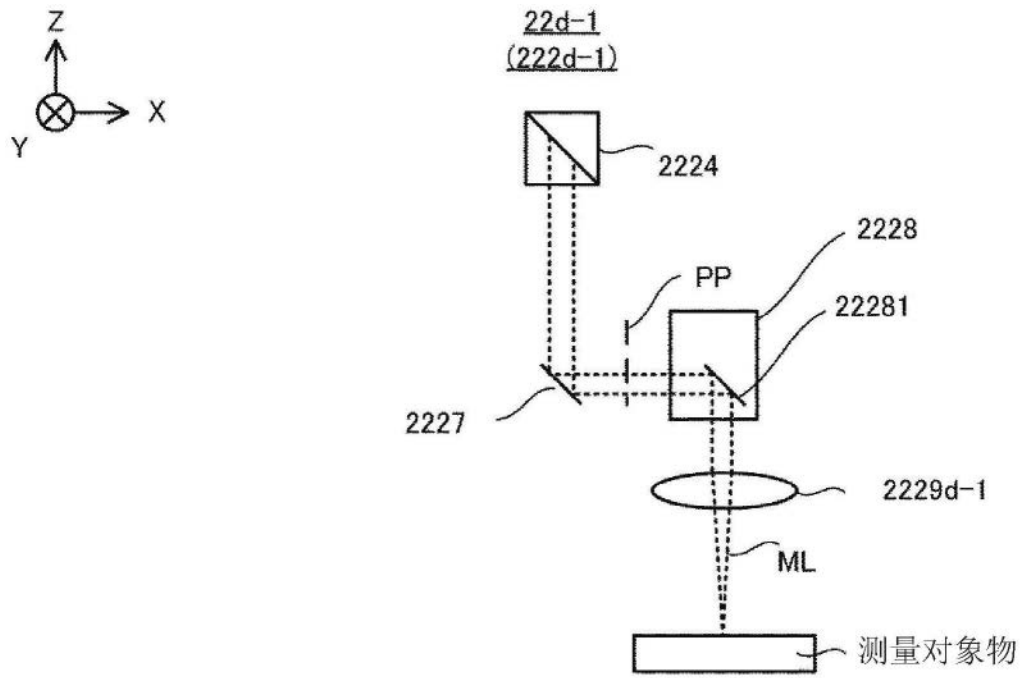


图39

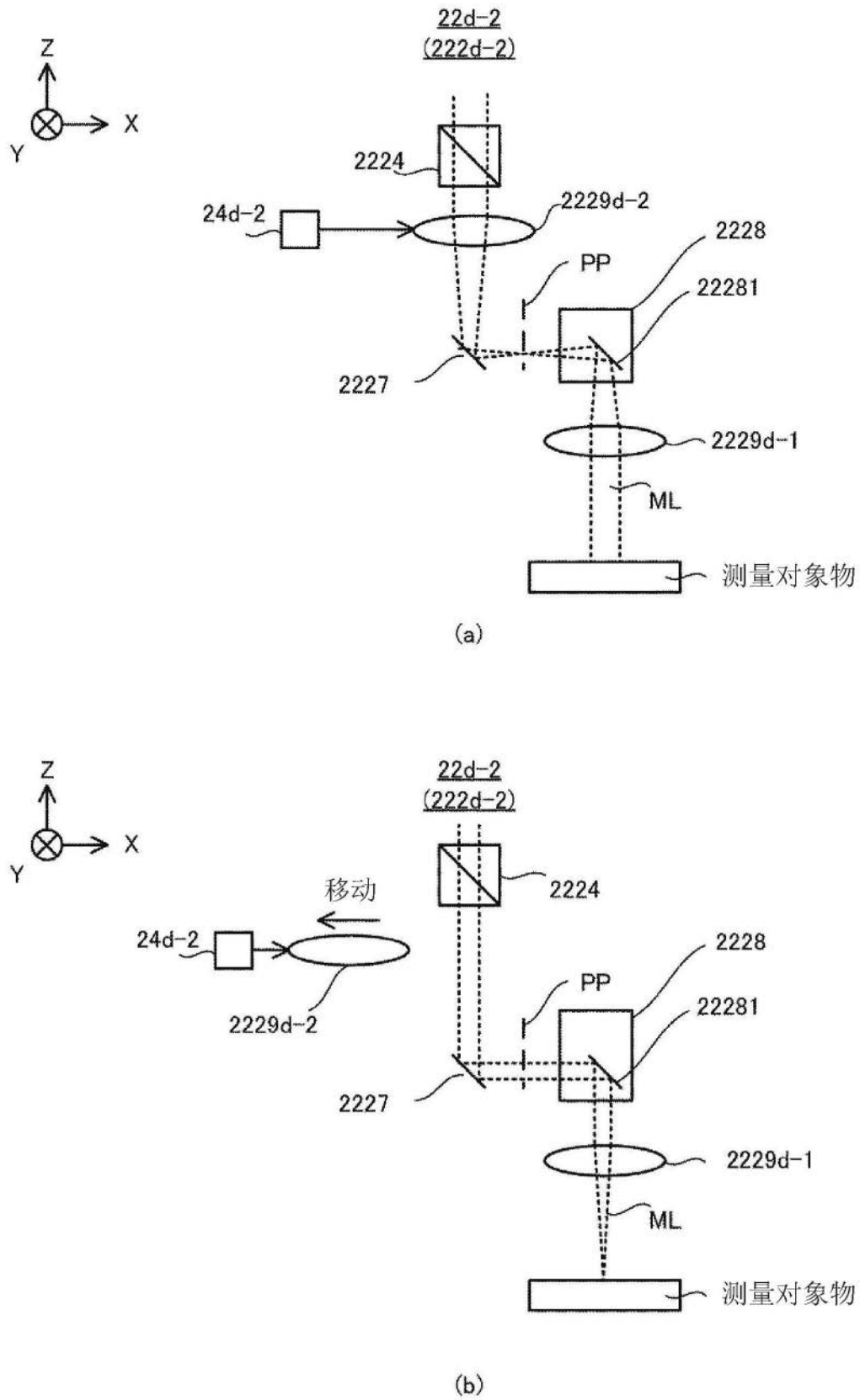


图40

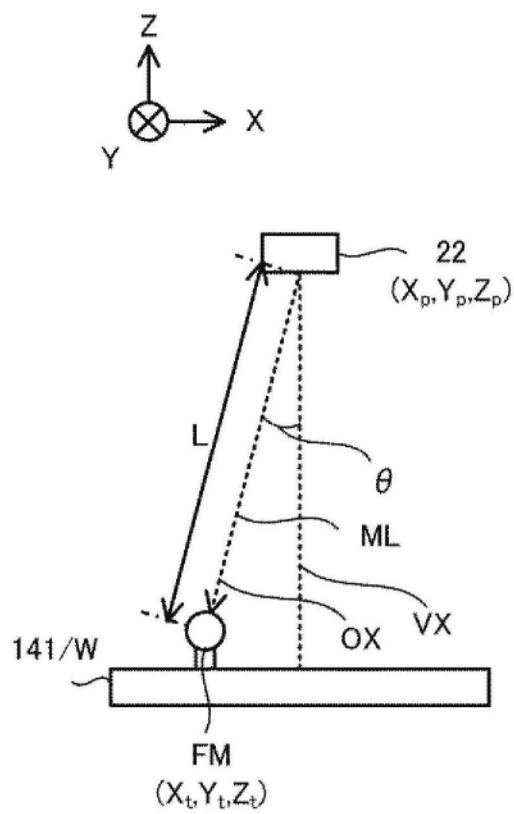


图41

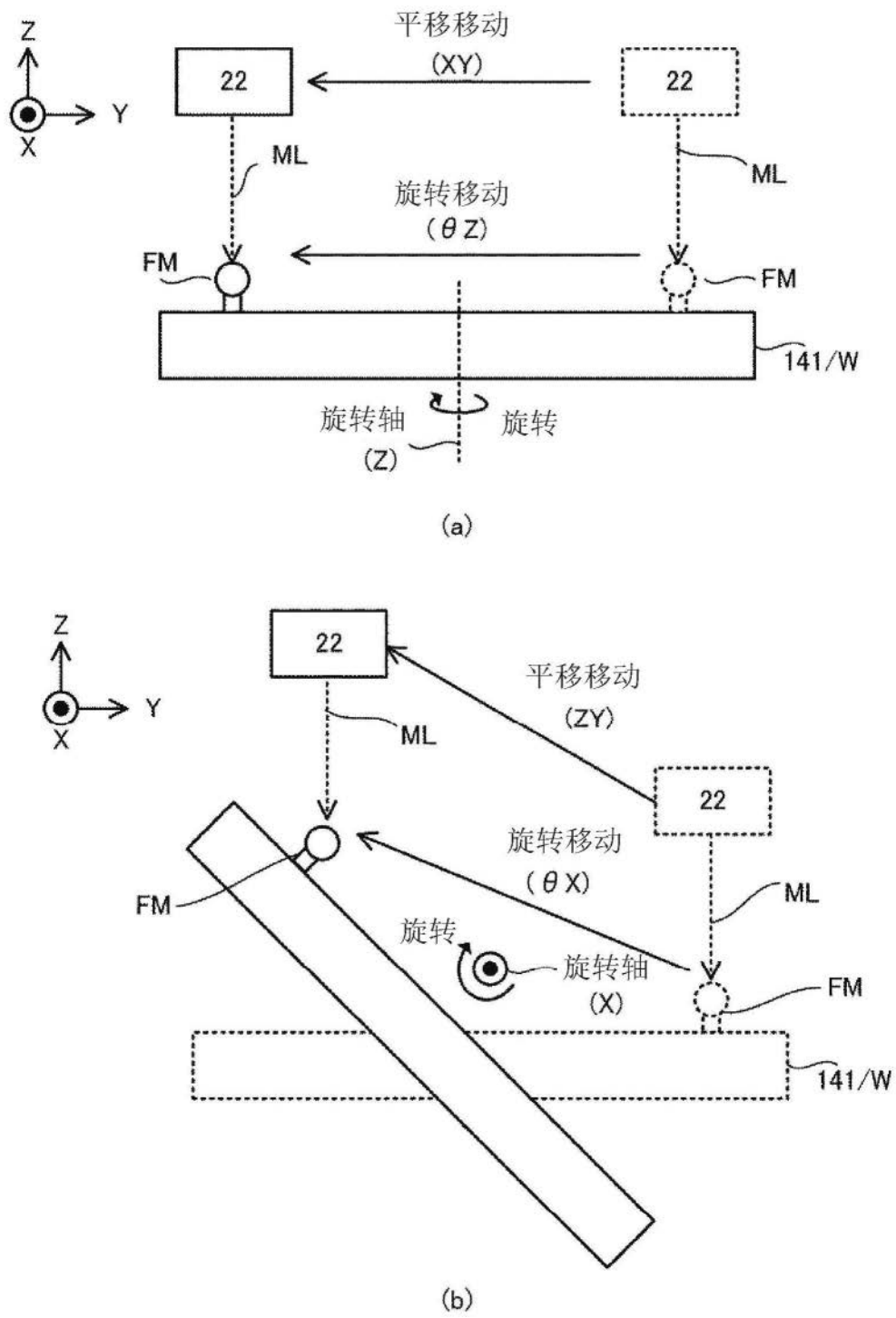


图42

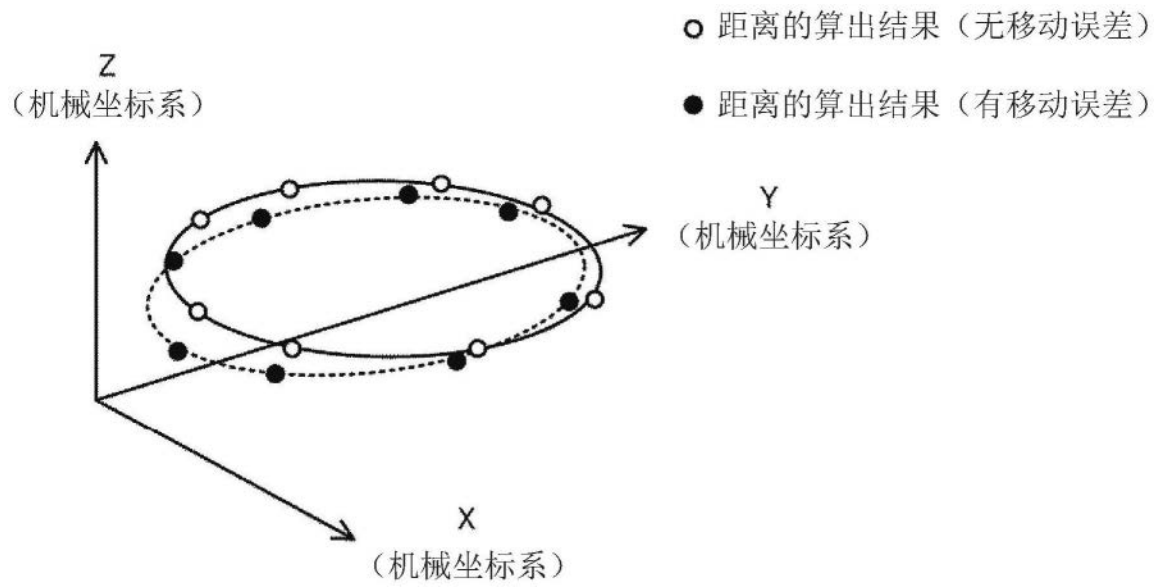


图43

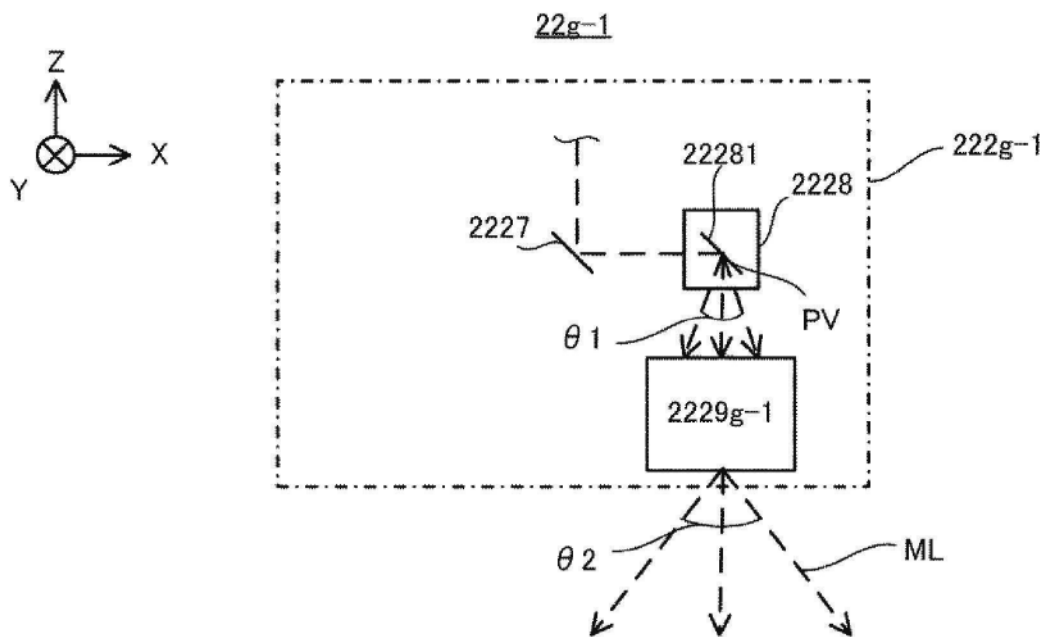


图44

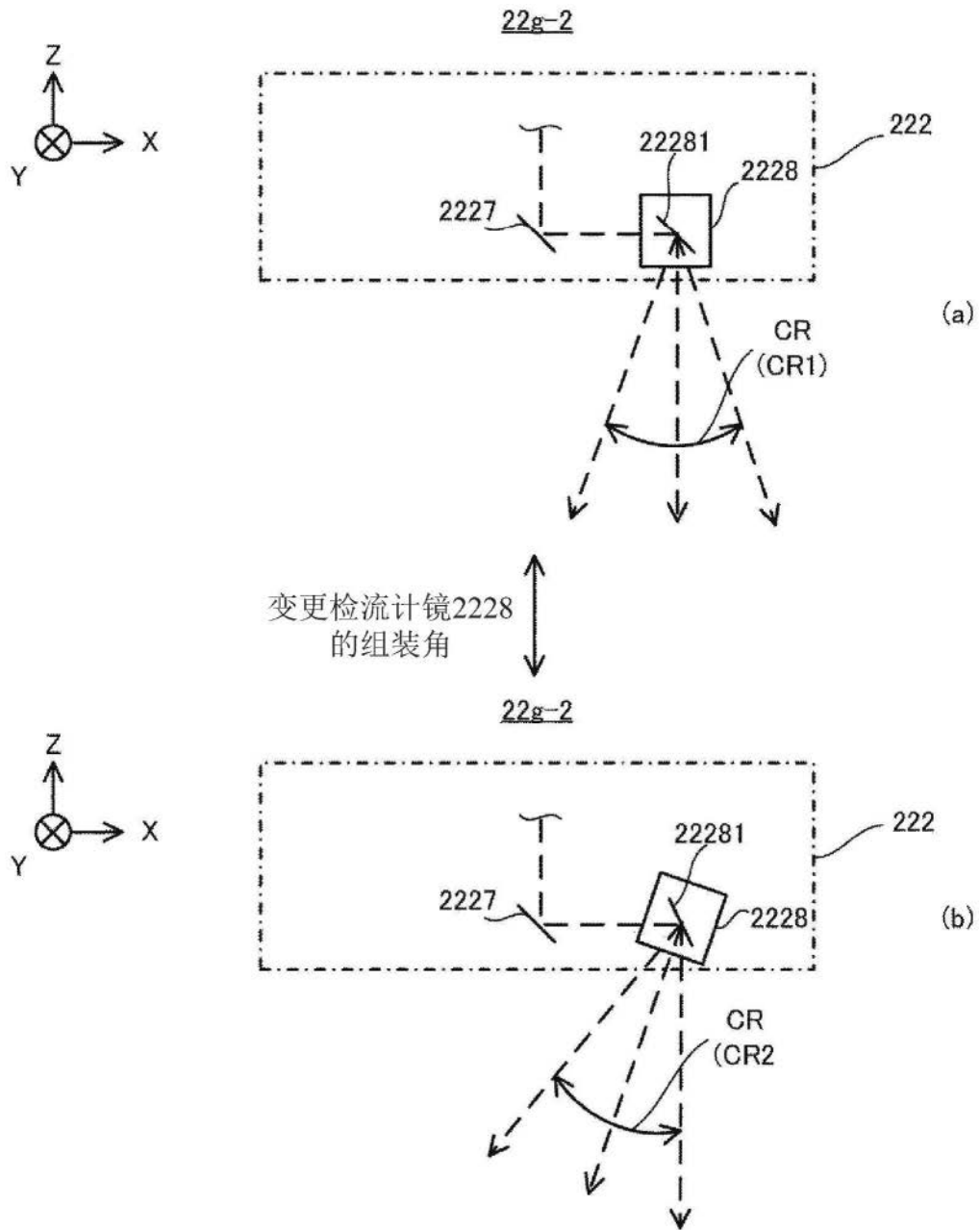


图45

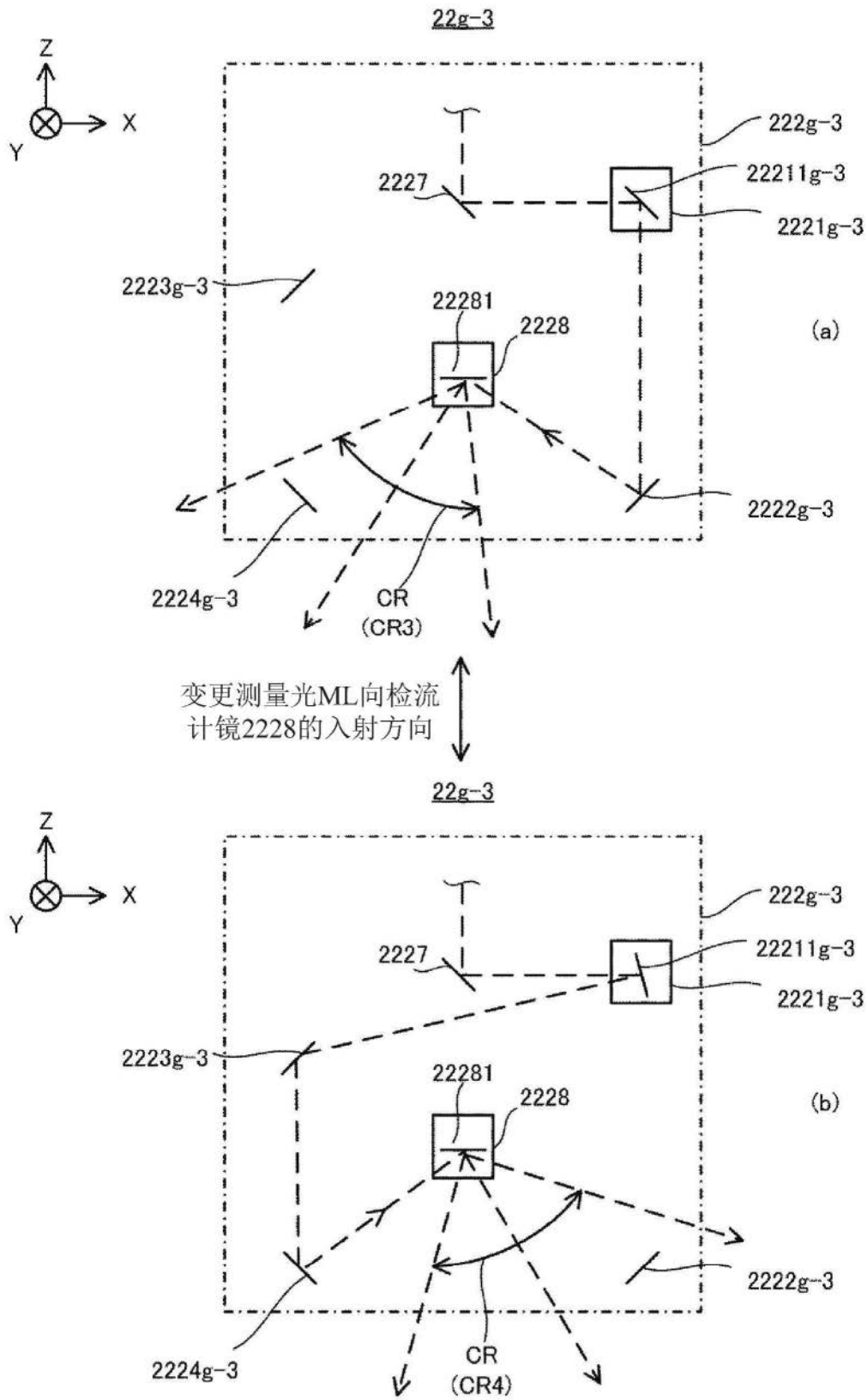


图46

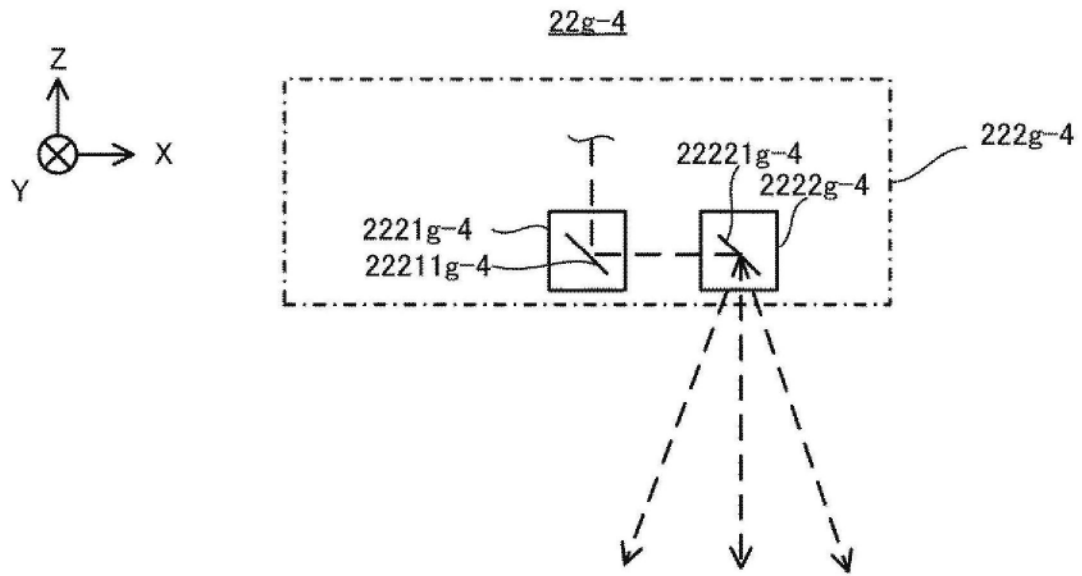


图47

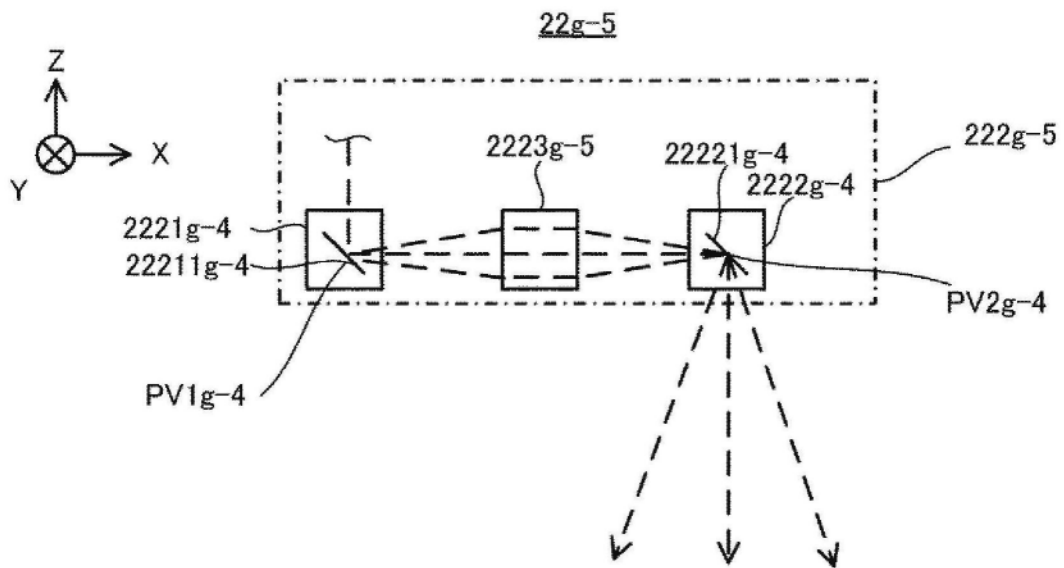


图48

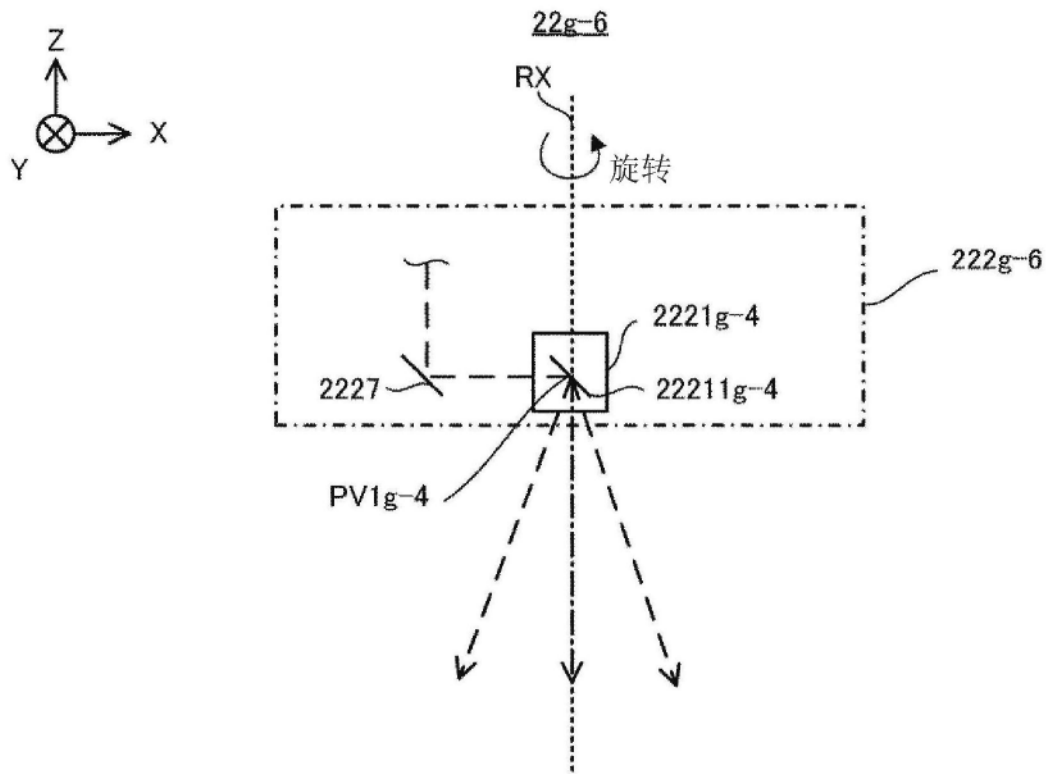


图49

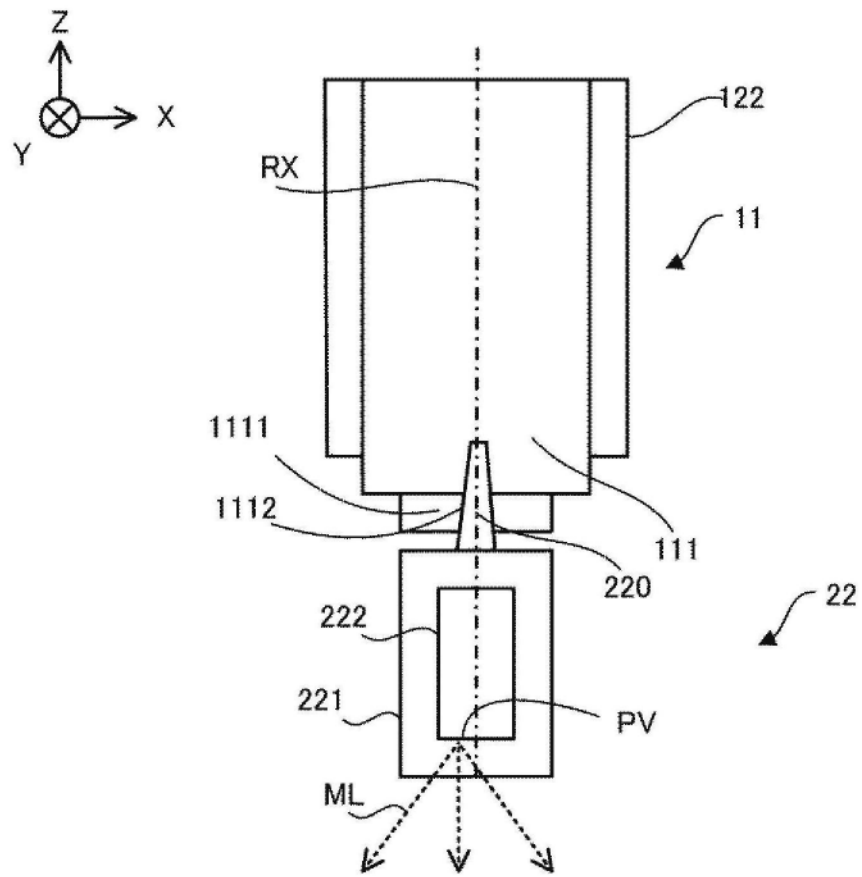


图50

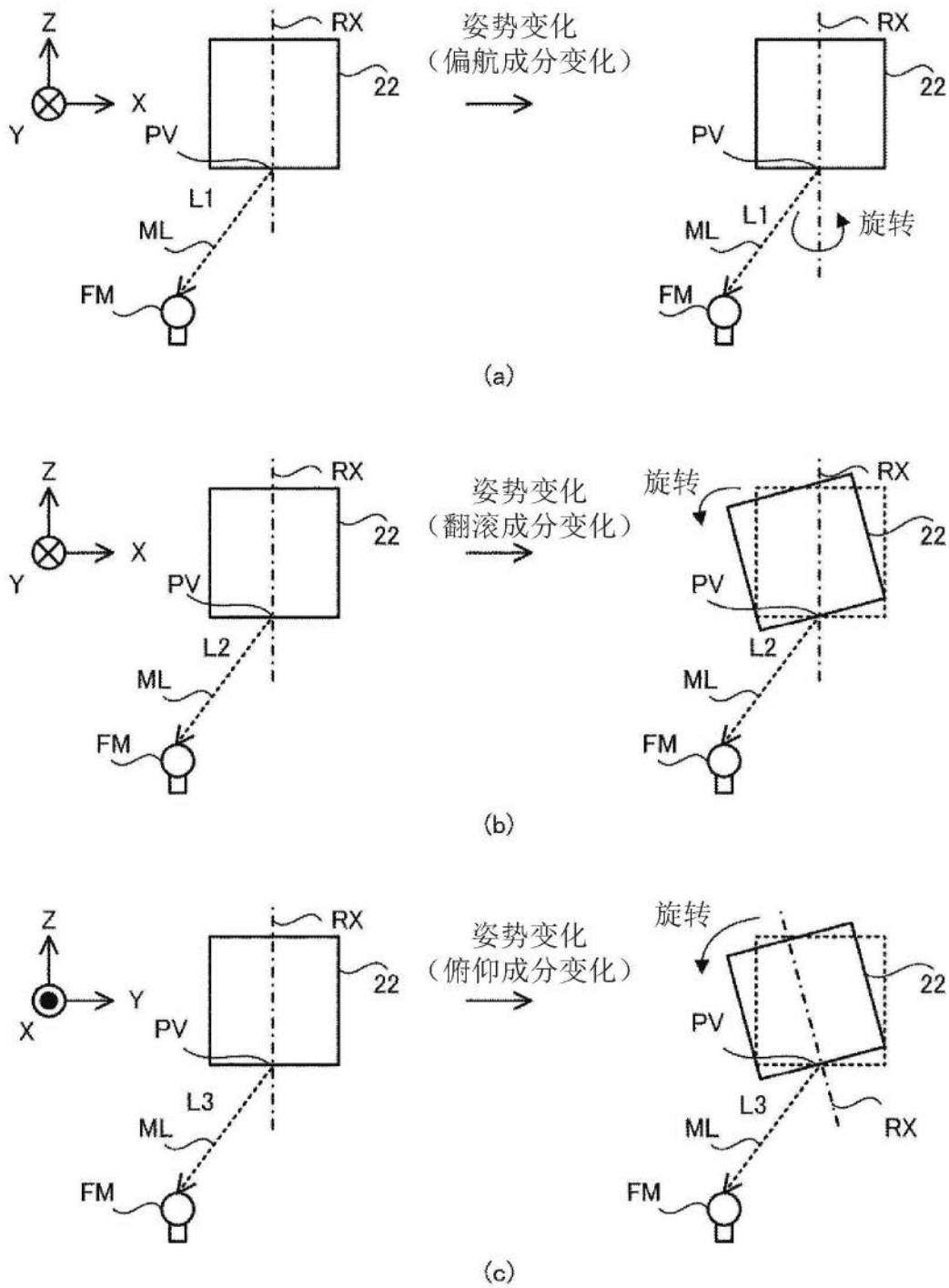


图51

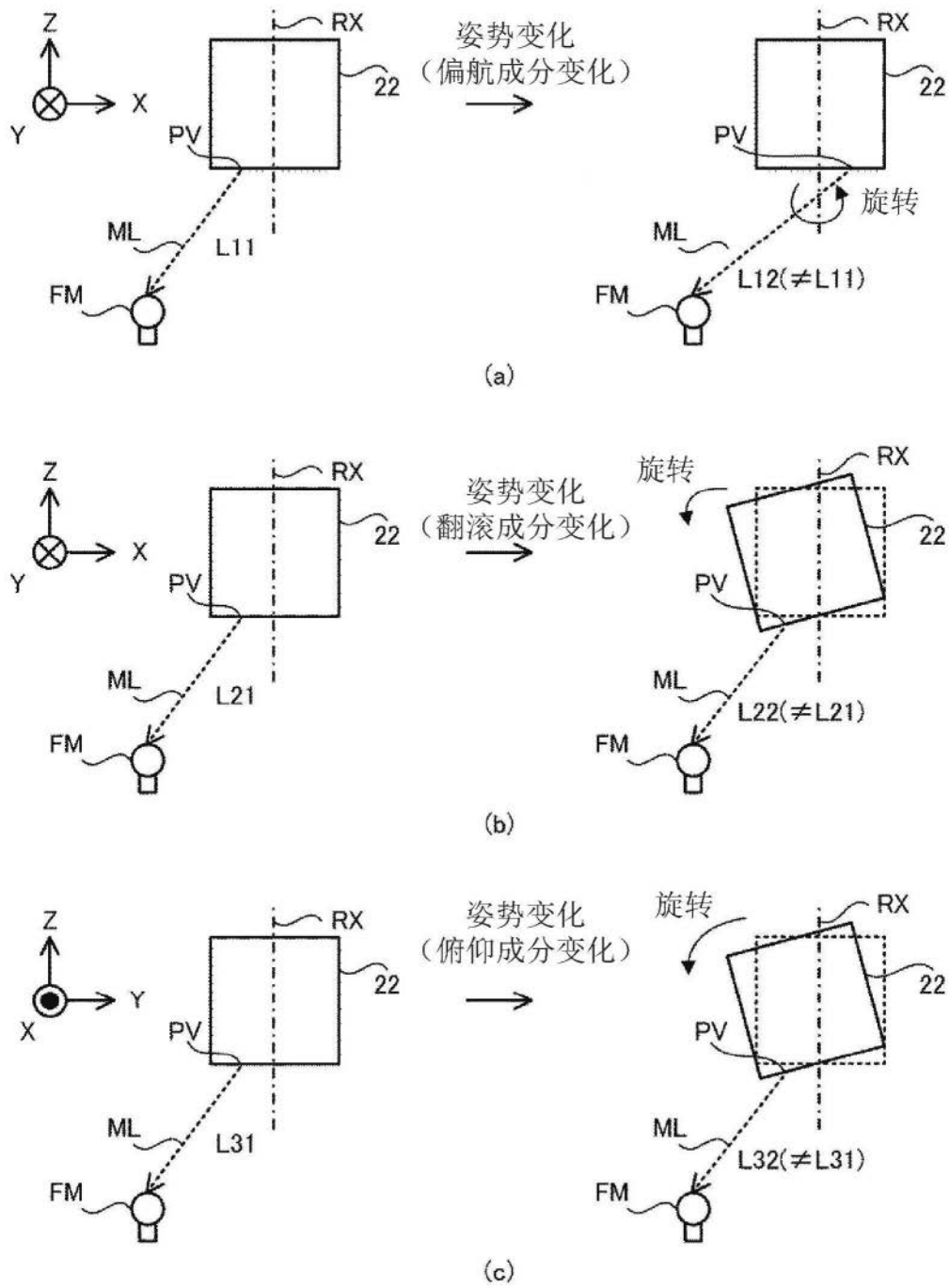


图52

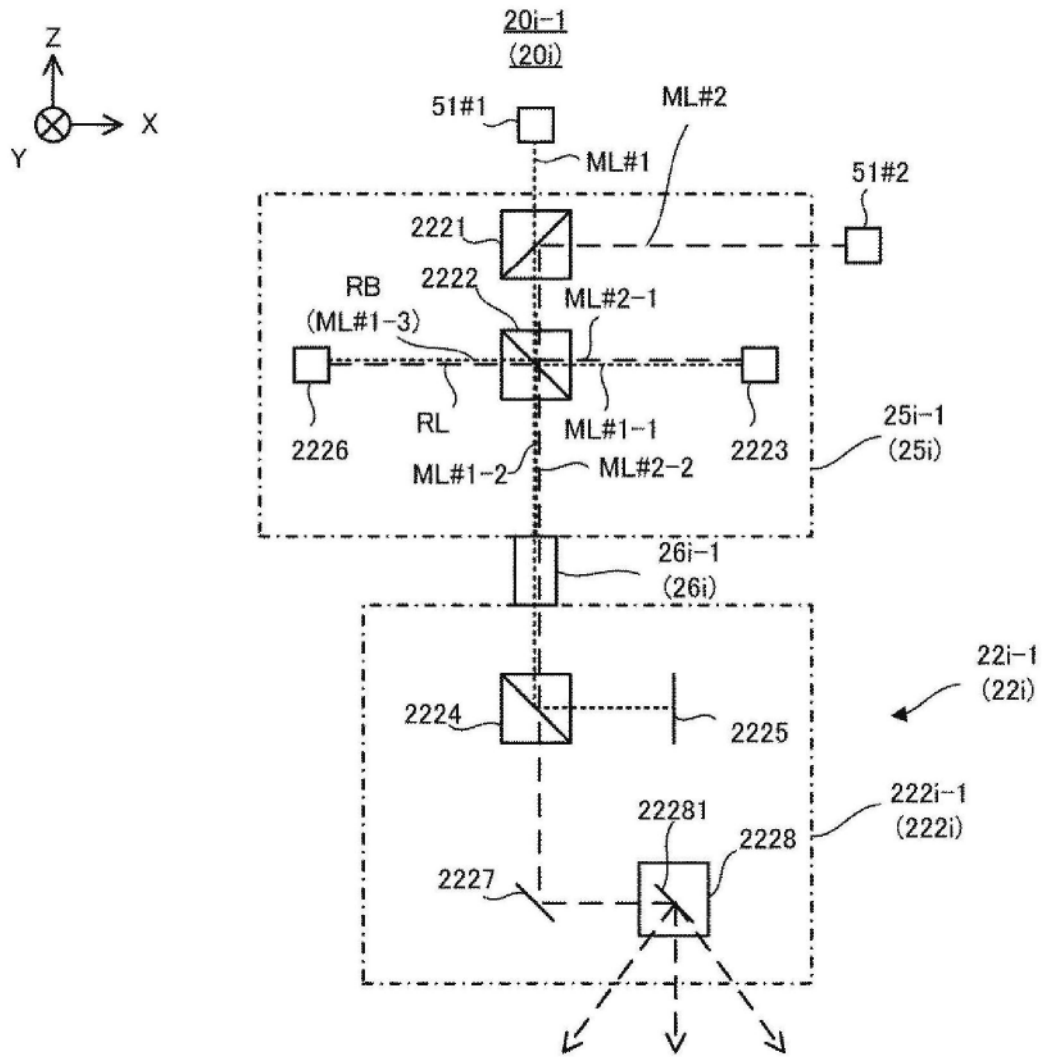


图54

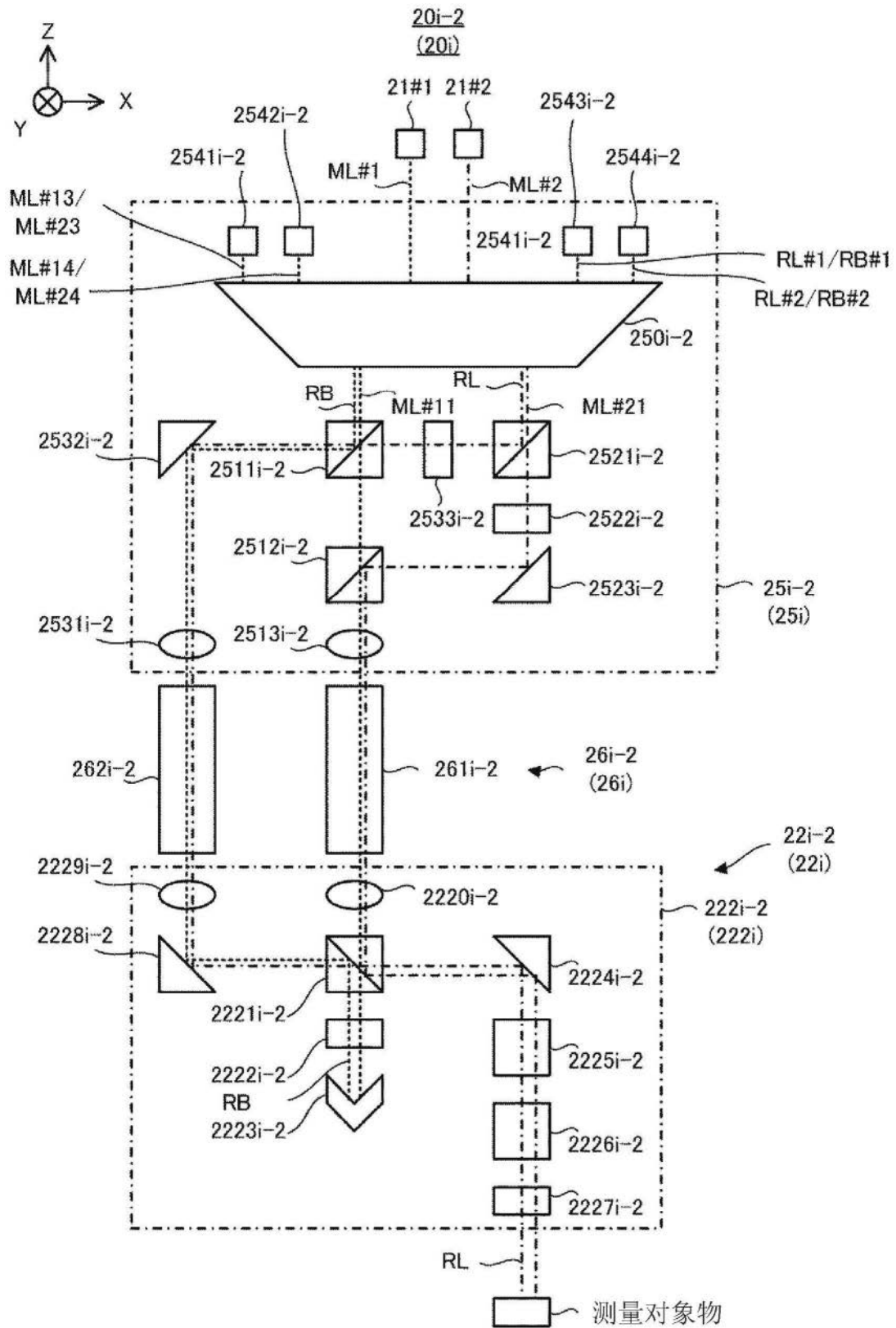


图55

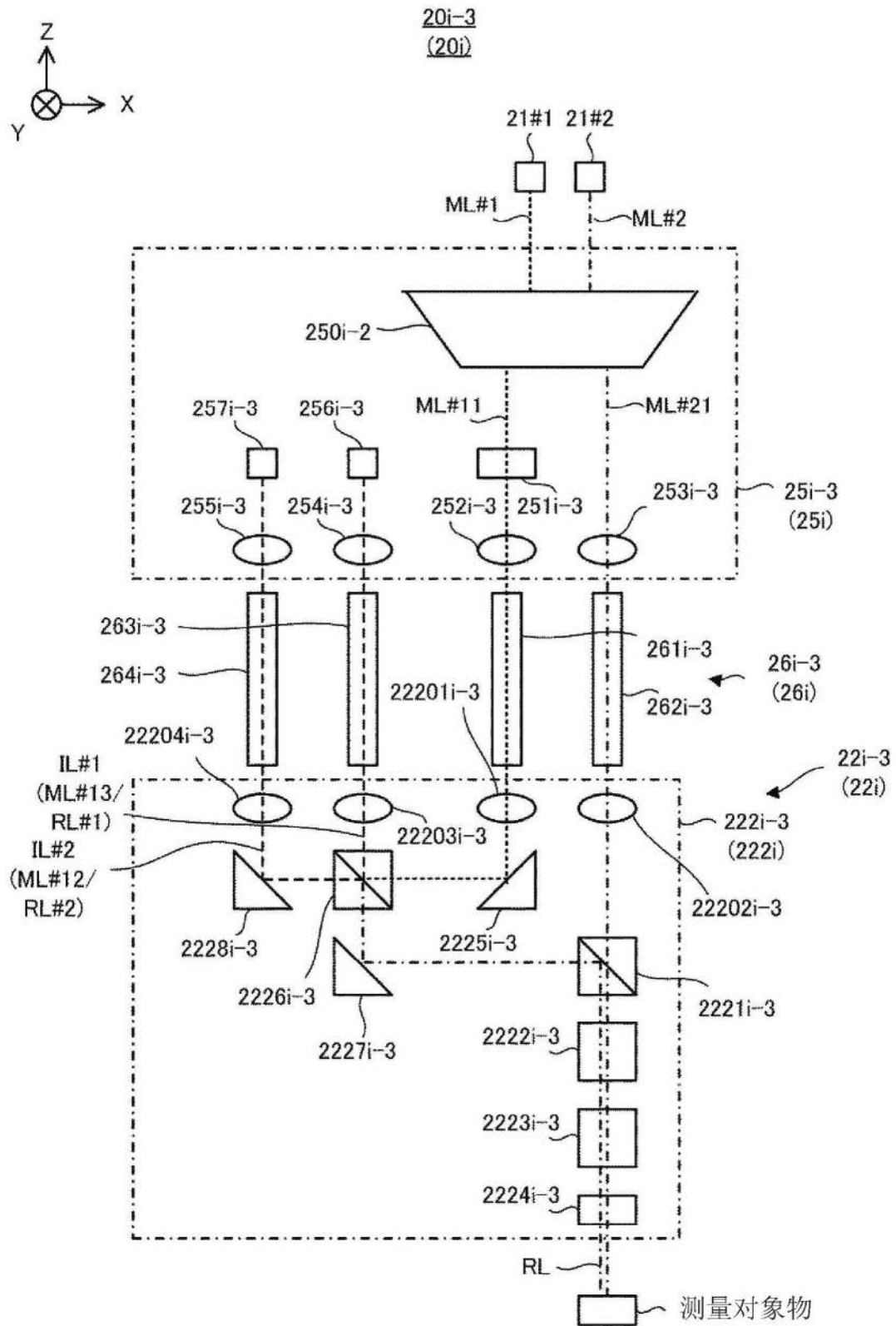


图56

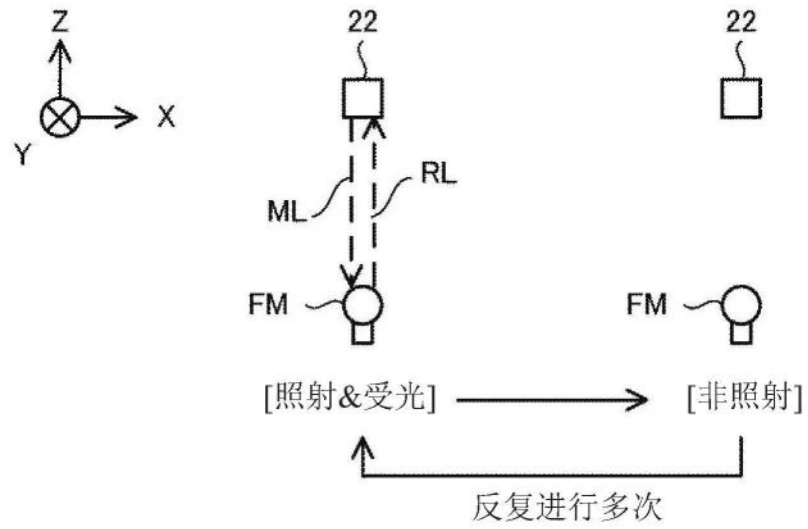


图57

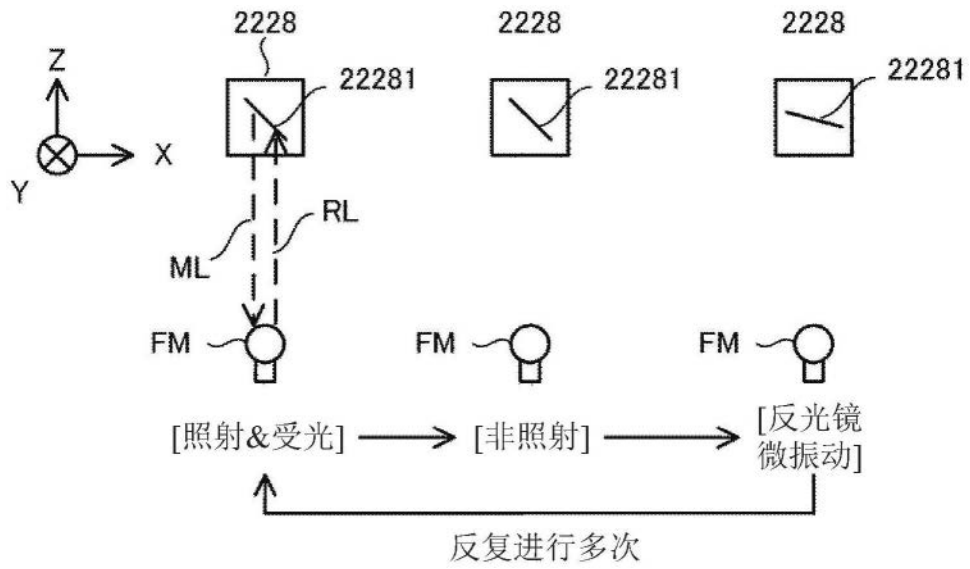


图58

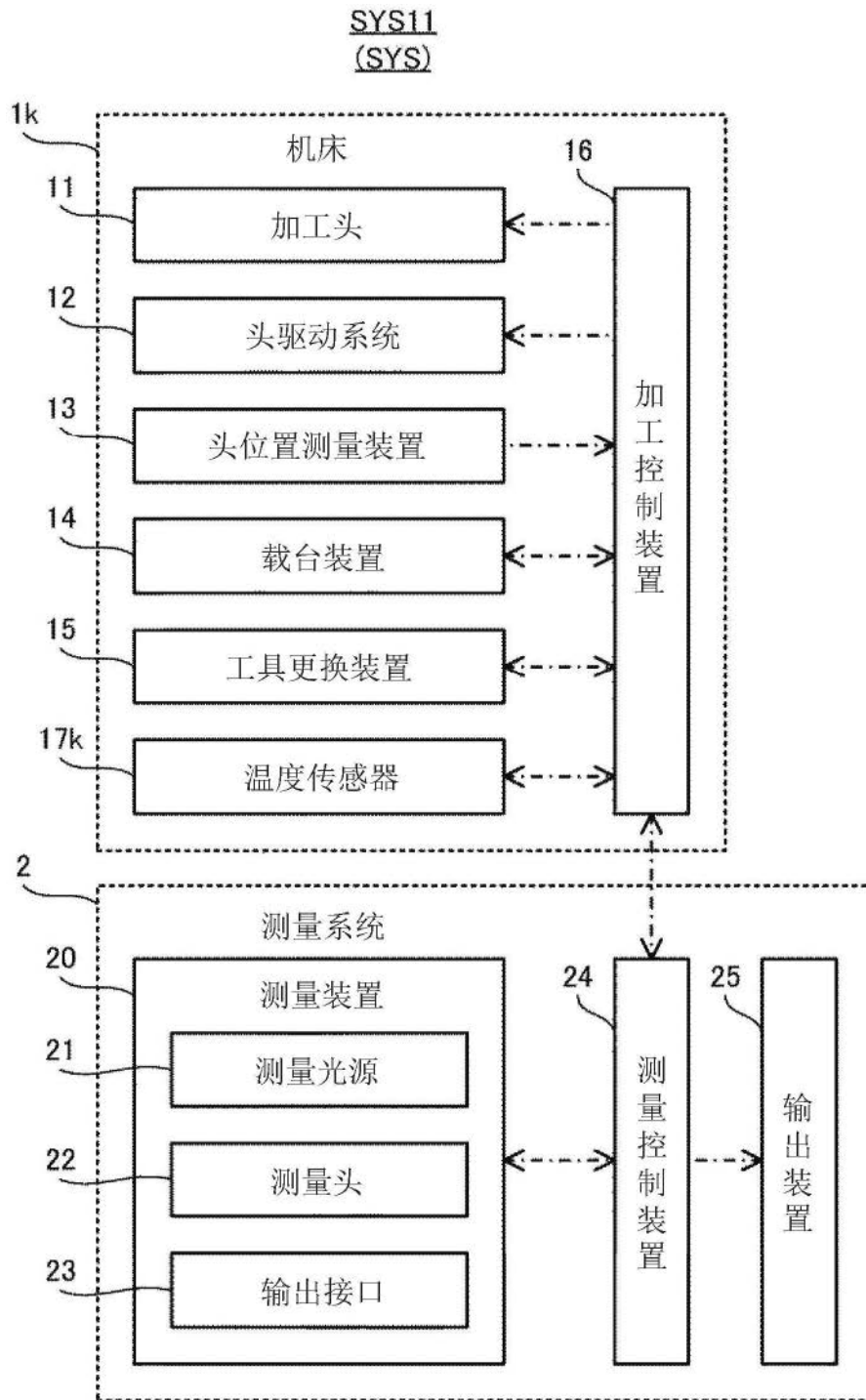


图59

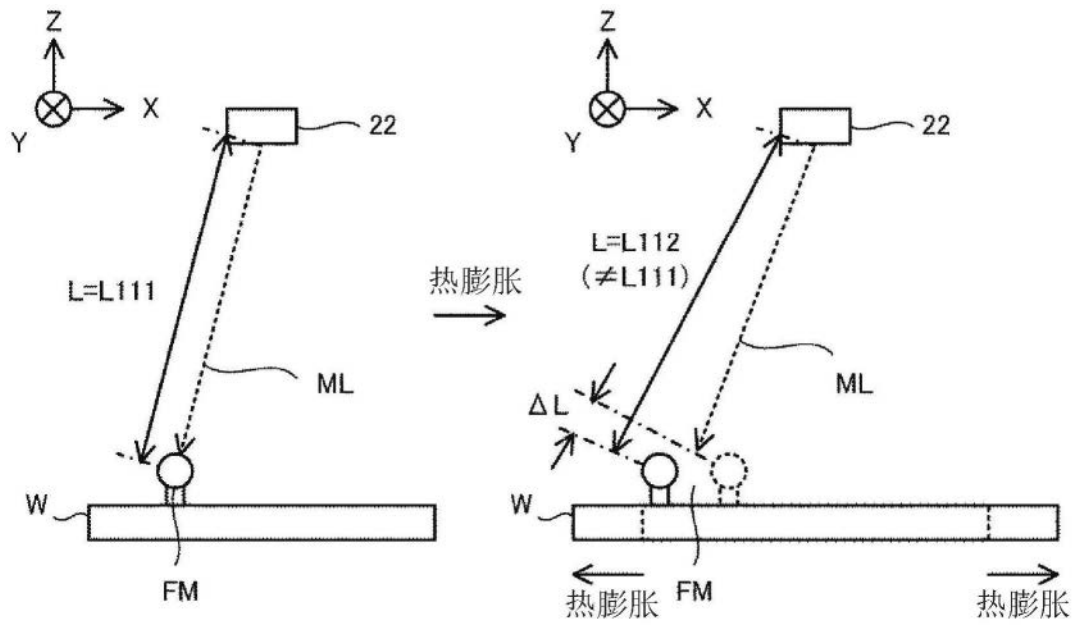


图60

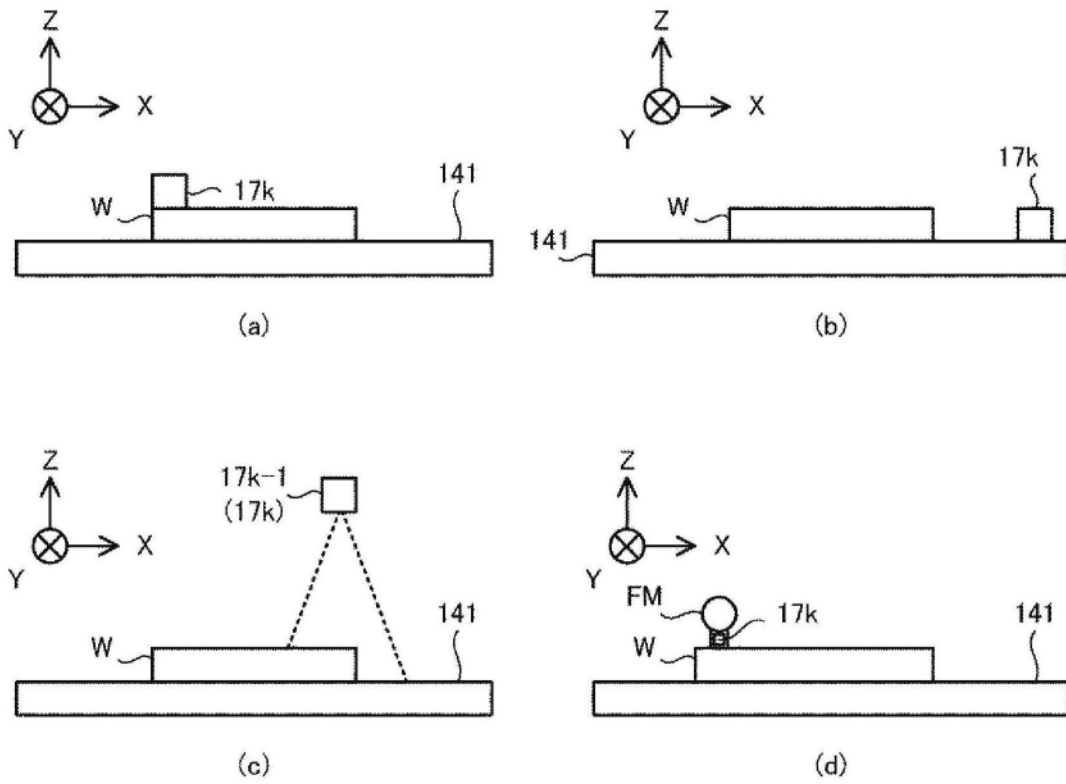


图61

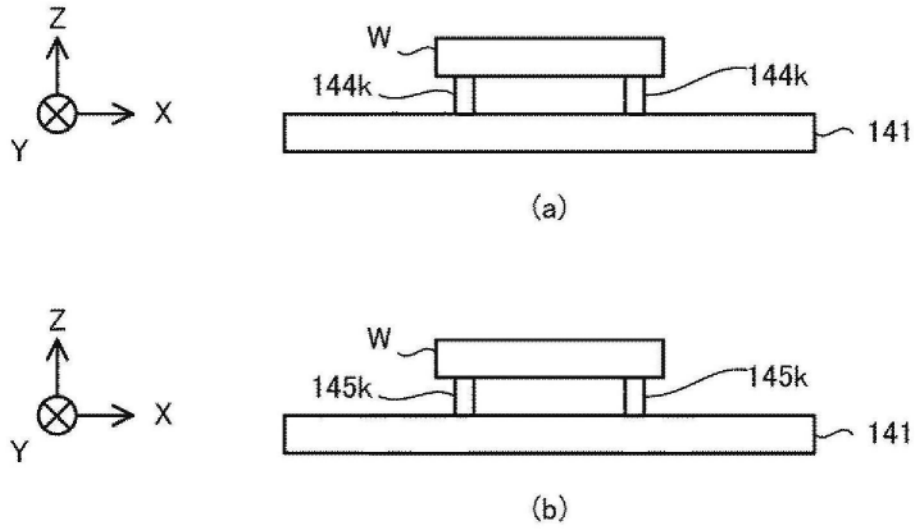


图62

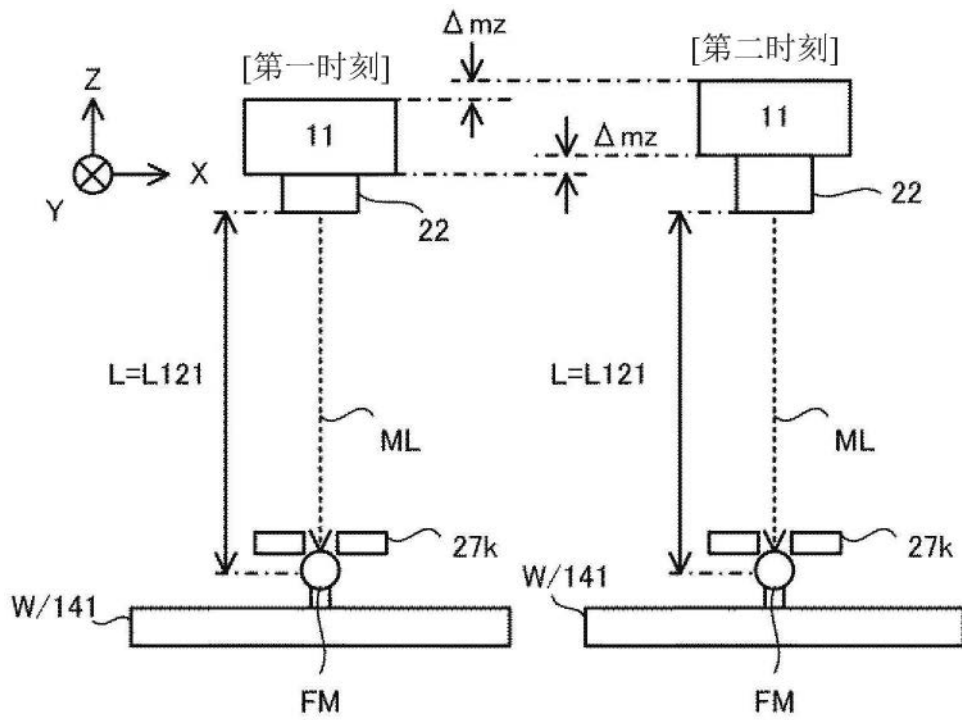


图63

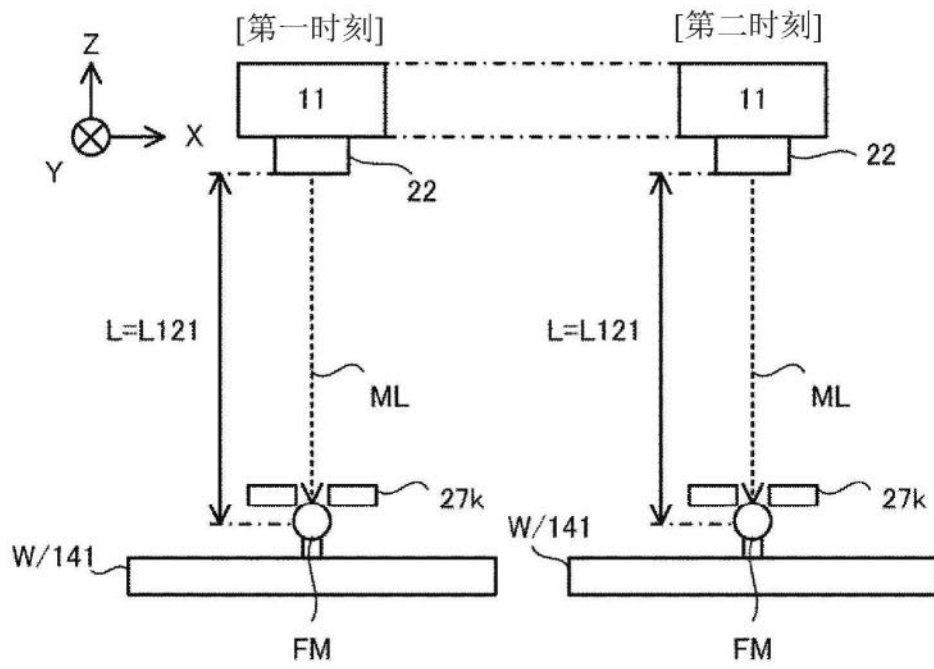


图64

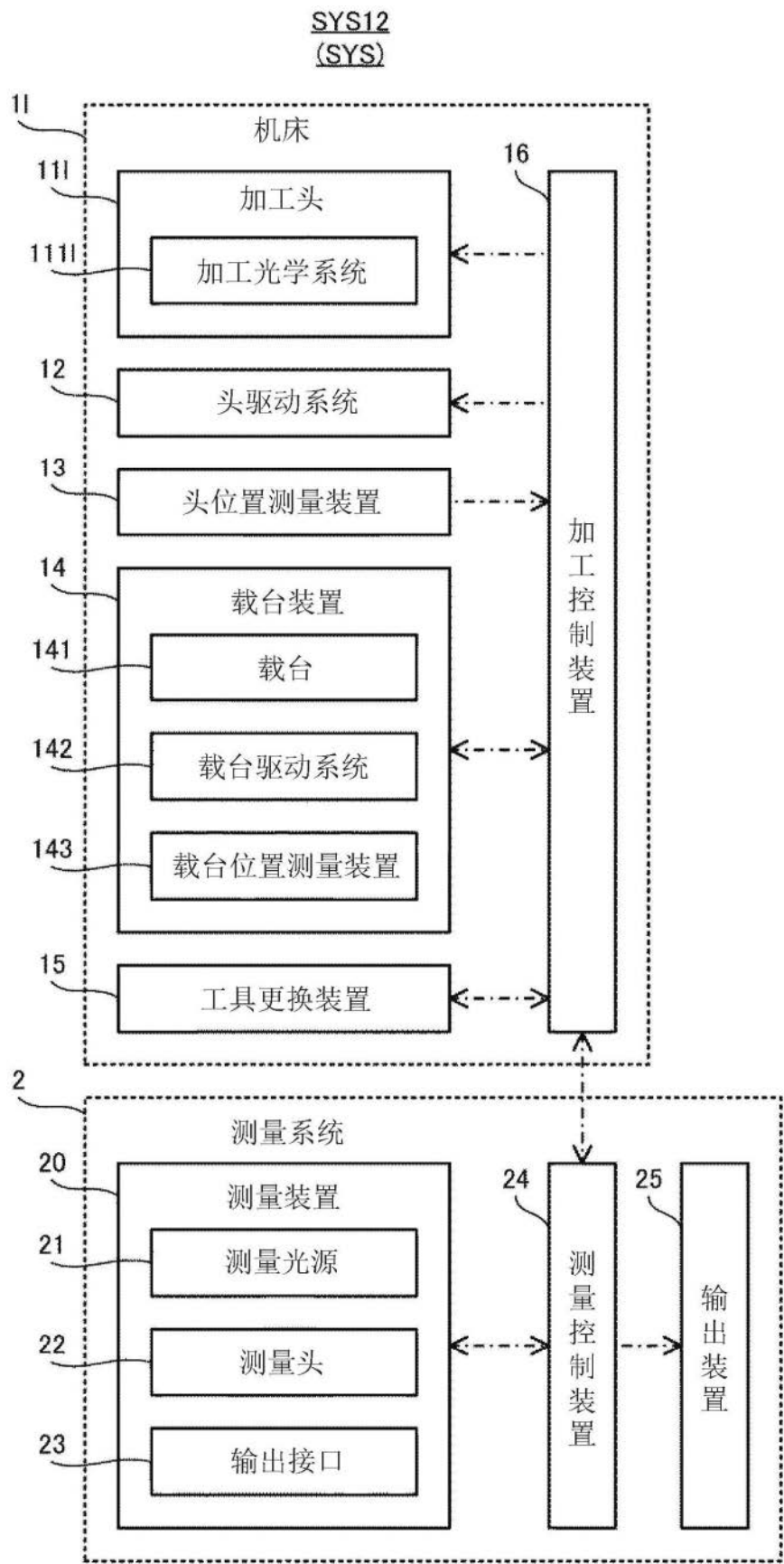


图65

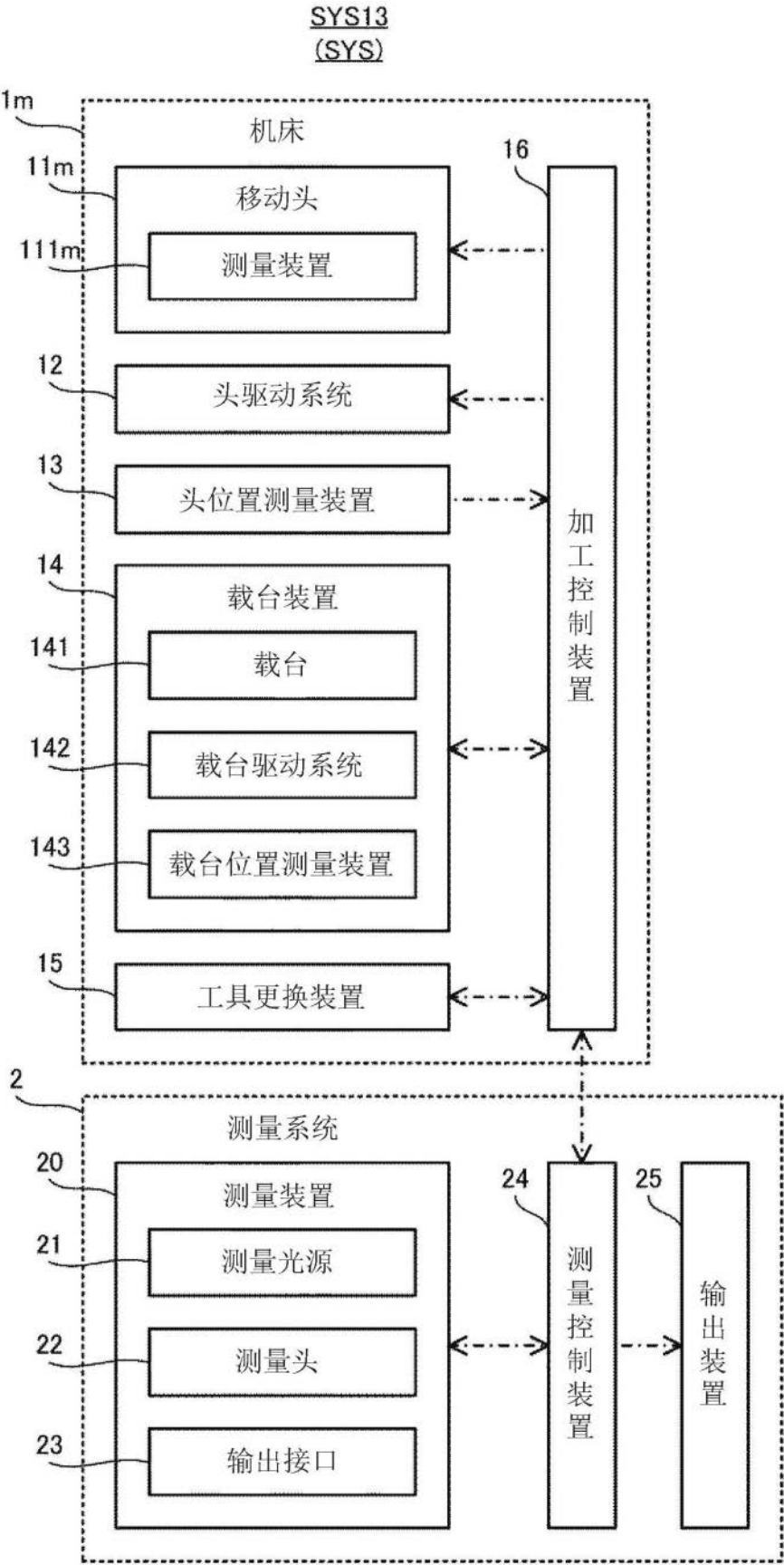


图66

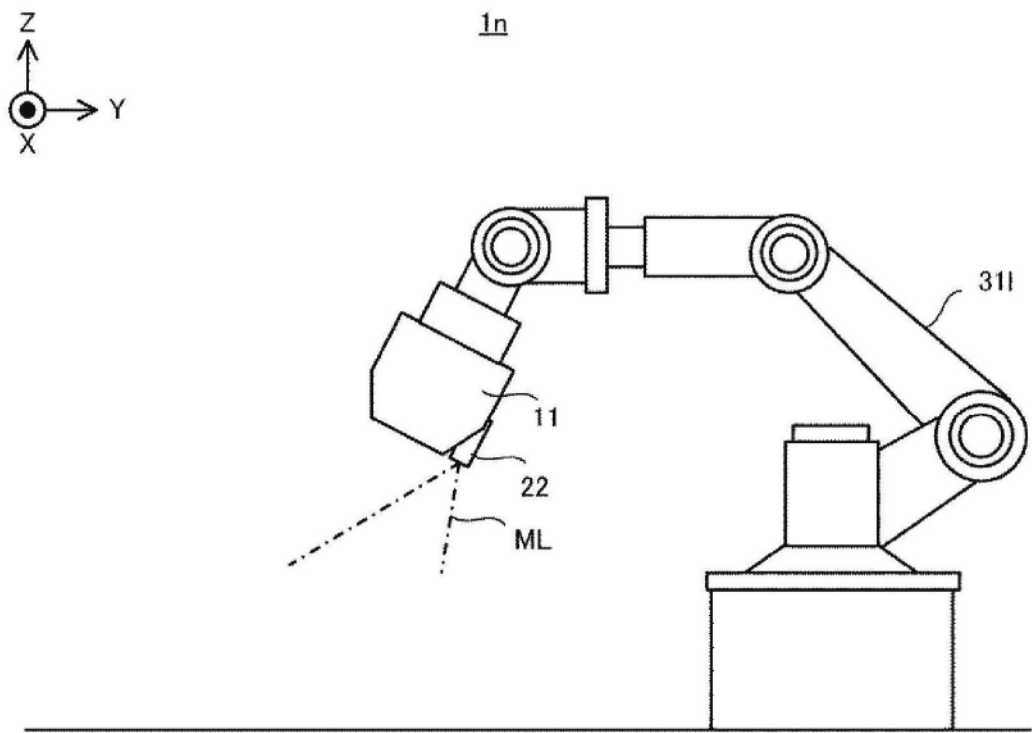


图67