(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118829528 A
(43)申请公布日 2024.10.22

(21)申请号 202280093184.3
(22)申请日 2022.03.10
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.09.04
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/010673 2022.03.10
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/170877 JA 2023.09.14
(71)申请人 株式会社尼康
地址 日本东京
(72)发明人 宫川智树
(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 熊风 宋俊寅
(51)Int.Cl.
B25J 19/02(2006.01)
B25J 9/10(2006.01)
G01B 11/00(2006.01)
G01B 11/26(2006.01)

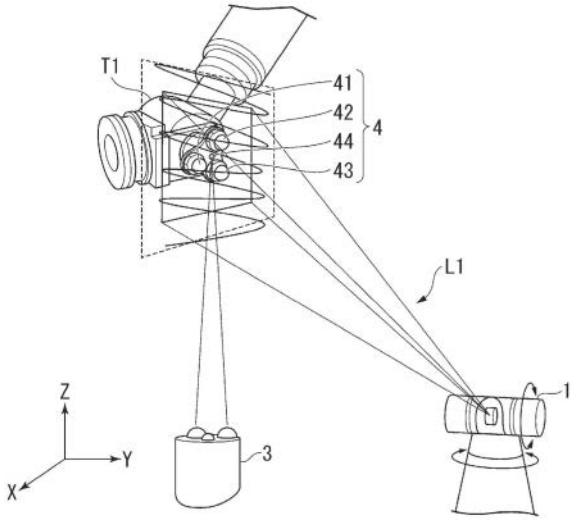
权利要求书3页 说明书27页 附图25页

(54)发明名称

测定装置、机器人系统、管理方法、目标构件和测定方法

(57)摘要

本发明的测定装置测定可移动的机器人的位置和旋转方向的位置，其包括：照射部，该照射部能对安装于机器人的至少3个反射元件分别照射测定光；受光部，该受光部能接收由3个反射元件分别反射后的反射光；以及位置获取部，该位置获取部基于受光部的受光结果，获取关于机器人的第1轴的位置信息、关于与第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与第1轴和第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕第3轴的旋转方向的位置的信息。



CN 118829528 A

1.一种测定装置,测定可移动的机器人的位置和旋转方向的位置,所述测定装置的特征在于,包括:

照射部,该照射部能对安装于所述机器人的至少3个反射元件分别照射测定光;

受光部,该受光部能接收由所述3个反射元件分别反射后的反射光;以及

位置获取部,该位置获取部基于所述受光部的受光结果,获取关于所述机器人的第1轴的位置信息、关于与所述第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与所述第1轴和所述第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息。

2.如权利要求1所述的测定装置,其特征在于,

还具备拍摄部,该拍摄部拍摄所述3个反射元件的至少一部分以及所述机器人的至少一部分中的至少一方,

所述测定光基于所述拍摄部的拍摄结果来照射。

3.如权利要求1所述的测定装置,其特征在于,

还具备拍摄部,该拍摄部拍摄相对于所述3个反射元件配置在规定的位置的标记,

所述测定光基于所述拍摄部的拍摄结果来照射。

4.如权利要求1至3中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述照射部能沿着可通过所述3个反射元件的规定的轨道来扫描所述测定光。

5.如权利要求4所述的测定装置,其特征在于,

为了沿着所述规定的轨道进行扫描,将所述测定光的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道作为所述规定的轨道来计算。

6.如权利要求4或5所述的测定装置,其特征在于,

作为所述规定的轨道,计算椭圆轨道。

7.如权利要求1至6中任一项所述的测定装置,其特征在于,

还具备控制所述测定装置的控制装置,

所述控制装置基于所述位置获取部获取到的测定结果、即在规定的范围内沿着螺旋状的轨道被扫描的所述测定光的测定结果,来计算通过所述3个反射元件的所述测定光的轨道。

8.如权利要求1至7中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述照射部能照射光梳来作为所述测定光。

9.如权利要求1至8中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述照射部能以规定的速度以上沿着规定的轨道扫描,并依次向所述3个反射元件分别照射所述测定光。

10.如权利要求1至9中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述照射部沿着规定的轨道扫描并依次向所述3个反射元件分别照射所述测定光,以跟随所述3个反射元件的移动。

11.如权利要求1至10中任一项所述的测定装置,其特征在于,

重复进行所述测定光向所述3个反射元件的每一个的照射。

12.如权利要求11所述的测定装置,其特征在于,

在所述机器人的移动中,重复进行所述测定光向所述3个反射元件的每一个的照射。

13.如权利要求1至12中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述照射部经由可动镜的反射面,向所述3个反射元件分别照射所述测定光,

所述受光部经由所述反射面,接收分别来自所述3个反射元件的反射光。

14.如权利要求1至13中任一项所述的测定装置,其特征在于,

基于关于所述3个反射元件的位置的信息,获取关于所述第1轴的位置信息、关于所述第2轴的位置信息、关于所述第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息。

15.如权利要求1至13中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述3个反射元件是第1反射元件、第2反射元件和第3反射元件,连接配置所述第1反射元件的第1位置和配置所述第2反射元件的第2位置的第1边、连接所述第2位置和配置所述第3反射元件的第3位置的第2边、以及连接所述第3位置和所述第1位置的第3边的长度分别不同,所述第1位置、所述第2位置和所述第3位置位于同心圆上。

16.如权利要求1至15中任一项所述的测定装置,其特征在于,

所述位置获取部获取与所述机器人的工具中心点有关的信息。

17.一种机器人系统,其特征在于,

具备权利要求1至16中任一项所述的测定装置。

18.一种管理方法,其特征在于,

使用权利要求1至16中任一项所述的测定装置来管理机器人。

19.一种目标构件,具备照射测定光以获取可移动的测定对象的关于第1轴的位置信息、关于与所述第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与所述第1轴和所述第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息的第1反射元件、第2反射元件和第3反射元件,且所述目标构件能安装于所述测定对象,其特征在于,

连接配置所述第1反射元件的第1位置和配置所述第2反射元件的第2位置的第1边、连接所述第2位置和配置所述第3反射元件的第3位置的第2边、以及连接所述第3位置和所述第1位置的第3边的长度分别不同。

20.如权利要求19所述的目标构件,其特征在于,

所述第1边的长度、所述第2边的长度和所述第3边的长度分别能变更。

21.如权利要求19或20所述的目标构件,其特征在于,

还具备标记,

所述第1反射元件、所述第2反射元件和所述第3反射元件配置在从规定的朝向观察时所述标记不会被隐藏的高度。

22.一种测定装置,对测定对象的位置进行测定,所述测定装置的特征在于,包括:

照射部,该照射部能依次对安装于所述测定对象的至少3个反射元件分别照射测定光;

受光部,该受光部能依次接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及

信息获取部,该信息获取部基于所述受光部的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

23.一种测定装置,对测定对象的位置进行测定,所述测定装置的特征在于,包括:

照射部,该照射部能沿着可通过安装于所述测定对象的至少3个反射元件的轨道来扫描测定光;

受光部,该受光部能接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及

信息获取部,该信息获取部基于所述受光部的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

24.一种目标构件,具备用于对测定对象的位置进行测定的第1反射元件、第2反射元件和第3反射元件,并能安装于所述测定对象,所述目标构件的特征在于,

连接配置所述第1反射元件的第1位置和配置所述第2反射元件的第2位置的第1边、连接所述第2位置和配置所述第3反射元件的第3位置的第2边、以及连接所述第3位置和所述第1位置的第3边的长度分别不同。

25.一种测定方法,测定可移动的机器人的位置和旋转方向的位置,所述测定方法的特征在于,包括:

对安装于所述机器人的至少3个反射元件分别照射测定光;

接收由所述3个反射元件分别反射后的反射光;以及

基于所述受光的受光结果,获取关于所述机器人的第1轴的位置信息、关于与所述第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与所述第1轴和所述第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息。

26.一种测定方法,对测定对象的位置进行测定,所述测定方法的特征在于,包括:

依次对安装于所述测定对象的至少3个反射元件分别照射测定光;

依次接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及

基于所述受光的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

27.一种测定方法,对测定对象的位置进行测定,所述测定方法的特征在于,包括:

沿着能通过安装于所述测定对象的至少3个反射元件的轨道来扫描测定光;

接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及

基于所述受光的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

测定装置、机器人系统、管理方法、目标构件和测定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测定装置、机器人系统、管理方法、目标构件以及测定方法。

背景技术

[0002] 加工、组装的工序由机器人、机床自动进行。该工序中,为了提高加工、组装的精度,需要高精度地测定控制对象的机器人的臂的位置和姿态。例如,已知一种装置,通过外部的测定装置来测定机器人装置的规定的一部分的位置(专利文献1)。

在机器人的控制中,要求高精度地测定该机器人的位置和姿态。

现有技术文献

专利文献

[0003] 专利文献1:国际公开第2007/002319号

发明内容

[0004] 本发明的一个方式为测定可移动的机器人的位置和旋转方向的位置的测定装置,该测定装置包括:照射部,该照射部能对安装于所述机器人的至少3个反射元件分别照射测定光;受光部,该受光部能接收由所述3个反射元件分别反射后的反射光;以及位置获取部,该位置获取部基于所述受光部的受光结果,获取关于所述机器人的第1轴的位置信息、关于与所述第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与所述第1轴和所述第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息。

[0005] 本发明的一个方式为具备上述测定装置的机器人系统。

[0006] 本发明的一个方式为使用上述测定装置来管理机器人的管理方法。

[0007] 本发明的一个方式为目标构件,其具备照射测定光以获取可移动的测定对象的关于第1轴的位置信息、关于与所述第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与所述第1轴和所述第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息的第1反射元件、第2反射元件和第3反射元件,且所述目标构件能安装于所述测定对象,其中,连接配置所述第1反射元件的第1位置和配置所述第2反射元件的第2位置的第1边、连接所述第2位置和配置所述第3反射元件的第3位置的第2边、以及连接所述第3位置和所述第1位置的第3边的长度分别不同。

[0008] 本发明的一个方式为对测定对象的位置进行测定的测定装置,其包括:照射部,该照射部能依次对安装于所述测定对象的至少3个反射元件分别照射测定光;受光部,该受光部能依次接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及信息获取部,该信息获取部基于所述受光部的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

[0009] 本发明的一个方式为对测定对象的位置进行测定的测定装置,其包括:照射部,该照射部能沿着可通过安装于所述测定对象的至少3个反射元件的轨道来扫描测定光;受光

部,该受光部能接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及信息获取部,该信息获取部基于所述受光部的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

[0010] 本发明的一个方式为目标构件,其具备用于对测定对象的位置进行测定的第1反射元件、第2反射元件和第3反射元件,并能安装于所述测定对象,其中,连接配置所述第1反射元件的第1位置和配置所述第2反射元件的第2位置的第1边、连接所述第2位置和配置所述第3反射元件的第3位置的第2边、以及连接所述第3位置和所述第1位置的第3边的长度分别不同。

[0011] 本发明的一个方式为测定可移动的机器人的位置和旋转方向的位置的测定方法,其包括:对安装于所述机器人的至少3个反射元件分别照射测定光;接收由所述3个反射元件分别反射后的反射光;以及基于所述受光的受光结果,获取关于所述机器人的第1轴的位置信息、关于与所述第1轴交叉的第2轴的位置信息、关于与所述第1轴和所述第2轴交叉的第3轴的位置信息、关于绕所述第1轴的旋转方向的位置的信息、关于绕所述第2轴的旋转方向的位置的信息以及关于绕所述第3轴的旋转方向的位置的信息。

[0012] 本发明的一个方式为对测定对象的位置进行测定的测定方法,其包括:依次对安装于所述测定对象的至少3个反射元件分别照射测定光;依次接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及基于所述受光的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

[0013] 本发明的一个方式为对测定对象的位置进行测定的测定方法,其包括:沿着能通过安装于所述测定对象的至少3个反射元件的轨道来扫描测定光;接收由所述3个反射元件分别反射后的所述测定光的反射光;以及基于所述受光的受光结果,获取与所述测定对象的位置有关的信息。

附图说明

[0014] 图1是示出实施方式1所涉及的测定装置对测定对象的位置和姿态进行测定的情形的一个示例的图。

图2是示出实施方式1所涉及的3个反射元件和标记的配置的一个示例的图。

图3是示出实施方式1所涉及的测定装置的结构的一个示例的图。

图4是示出实施方式1所涉及的反射元件的截面的结构的一个示例的图。

图5是示出实施方式1所涉及的反射元件的外观的一个示例的图。

图6是示出实施方式1所涉及的反射元件对测定光进行反射的情形的一个示例的图。

图7是示出实施方式1所涉及的测定装置的功能结构的一个示例的图。

图8是示出基于实施方式1所涉及的测定光的扫描的情形的一个示例的图。

图9是示出实施方式1所涉及的位置信息由直角坐标来表示时的绕坐标轴旋转的旋转方向的位置的一个示例的图。

图10是示出实施方式1所涉及的测定处理的一个示例的图。

图11是示出实施方式1所涉及的粗搜索的处理的一个示例的图。

图12是示出实施方式1所涉及的细搜索的处理的一个示例的图。

图13是示出实施方式1所涉及的区域扫描中的测定光的轨道的一个示例的图。

图14示出测定光沿着螺旋状的轨道扫描的同时照射实施方式1所涉及的反射元件的情形的一个示例。

图15是示出在实施方式1所涉及的扫描的过程中反射元件的像在4分割PSD的视场内移动的情形的一个示例的图。

图16是示出实施方式1所涉及的相对于测定光的方位角方向的照射方向的4分割PSD的视场内的反射元件的水平方向的位置的一个示例的图。

图17是示出实施方式1所涉及的相对于测定光的仰角方向的照射方向的4分割PSD的视场内的反射元件的铅直方向的位置的一个示例的图。

图18是示出实施方式1所涉及的扫描的结果所得到的4分割PSD的视场内的反射元件的位置的一个示例的图。

图19是示出实施方式1所涉及的区域扫描的一个示例的图。

图20是示出实施方式1所涉及的相对于测定光的方位角方向的照射方向的4分割PSD的视场内的3个反射元件的水平方向的位置的一个示例的图。

图21是示出实施方式1所涉及的相对于测定光的仰角方向的照射方向的4分割PSD的视场内的3个反射元件的铅直方向的位置的一个示例的图。

图22是示出实施方式1所涉及的测定光的轨道为波浪线状时的区域扫描的一个示例的图。

图23是示出实施方式1所涉及的位置姿态获取处理的一个示例的图。

图24是示出实施方式1所涉及的圆轨道的计算方法的一个示例的图。

图25是示出实施方式1所涉及的姿态获取处理的概要的一个示例的图。

图26是示出将实施方式1所涉及的已知坐标系中的坐标为已知的4个点与4个反射元件的位置重合的处理的一个示例的图。

图27是示出表示实施方式1所涉及的误差矢量的大小的图表的一个示例的图。

图28是示出实施方式1所涉及的目标构件的结构的一个示例的图。

图29是示出实施方式1所涉及的反射元件保持于保持部的状态下的剖视图的一个示例的图。

图30是示出实施方式1所涉及的设置面上的3个反射元件的高度的一个示例的图。

图31示出利用实施方式2所涉及的测定对象移动时的测定光来测定位置和姿态的情形的一个示例。

图32是示出实施方式2所涉及的位置姿态获取处理的一个示例的图。

具体实施方式

[0015] (实施方式1)

以下,参照附图对实施方式1进行详细说明。图1是示出本实施方式所涉及的测定装置1对测定对象的位置和姿态进行测定的情形的一个示例的图。测定装置1测定可移动的测定对象的位置和旋转方向的位置。旋转方向的位置也称为姿态、朝向等。本实施方式中,作为一个示例,测定装置1测定位置和姿态的测定对象为机器人T1。机器人T1包括可动部、即可移动的部分。机器人T1的可动部的位置和姿态可变化。也就是说,机器人T1是可移动的机器人。机器人T1例如是在工厂等制造现场进行加工、组装的工序的机器人。

[0016] 另外,测定对象中,位置和姿态中的一方可以固定而不变化。此外,测定对象中,位置和姿态可以固定而不变化。即,测定对象可以无法移动。

另外,测定对象可以是能移动的机床等。此外,测定对象可以是加工中心的加工头、可更换地安装在加工头上的工具、以及将测定用的构件(固定件)与可更换地安装在加工头上的工具分开固定在加工头上的构件。此外,可以将飞机等大型产品的组装时构成大型产品的部件、三维测定机的测量头等作为测定对象。

[0017] 目标构件4安装于机器人T1的可动部。目标构件4至少具备3个反射元件。本实施方式中,目标构件4包括反射元件41、反射元件42、反射元件43这3个反射元件。此外,本实施方式中,目标构件4具备标记44。

[0018] 图2中,示出该3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)和标记44的配置的一个示例。配置标记44,以使得3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)配置在标记44的附近。标记44的附近是指与标记44的距离在规定以下的范围。作为一个示例,标记44可以是发光二极管(LED:Light Emitting Diode)等发光体,也可以是非发光体。

[0019] 接着,对测定装置1的结构进行说明。图3是示出本实施方式所涉及的测定装置1的结构的一个示例的图。测定装置1包括壳体10、光梳干涉仪11、4分割PSD12、光束转向镜13、指向镜组件(Pointing Mirror Assy:PMA)14、半反射镜15。

[0020] 壳体10是用于将测定装置1主体设置于设置对象的构件。本实施方式中,设置对象是工厂的底板、AGV(Automatic Guides Vehicle:自动引导车)、AMR(Autonomous Mobile Robot:自主移动机器人)等自行移动的传送装置等。

壳体10例如通过自身的载重将测定装置1固定于设置对象。另外,壳体10可以具备将测定装置1固定于设置对象的机构。

[0021] 此外,壳体10设有测定装置1的各部件。测定装置1的各部件安装于壳体10。光束转向镜13、PMA14安装在壳体10的外侧。壳体10的内侧设有光梳干涉仪11、4分割PSD12、PMA14。此外,壳体10在内侧具有用于传播测定光、反射光的空间。

[0022] 光梳干涉仪11测定自身到测定对象的距离。光梳干涉仪11包含光梳光源。光梳光源是能生成包含在频率轴上等间隔排列的频率分量的光(以下,称为“光频率梳”)来作为脉冲光的光源。该情况下,光梳光源发射包含在频率轴上等间隔排列的频率分量的脉冲光,以作为测定光。这里,反射元件41、反射元件42和反射元件43彼此具有同样的结构,因此,在以下的说明中,有时用反射元件41代表反射元件41、反射元件42和反射元件43来说明。光梳干涉仪11对配置于测定对象的反射元件41照射光频率梳,以作为测定光。光梳干涉仪11接收由反射元件41反射该光频率梳而产生的反射光。

[0023] 本实施方式中,光梳干涉仪11具备单一的测定光源(即,光梳光源)。另外,光梳干涉仪11可以具备多个测定光源,例如,可以具备第1测定光源、第2测定光源。多个测定光源分别发射彼此相位同步且具有干涉性的多个测定光。例如,多个测定光源的振荡频率可以不同。因此,多个测定光源分别发射的多个测定光成为脉冲频率(例如,为每单位时间的脉冲光的数量,脉冲光的发光周期的倒数)不同的多个测定光。作为一个示例,第1测定光源可以发射脉冲频率为25GHz的第1测定光,第2测定光源可以发射脉冲频率为25GHz+α(例如,+100kHz)的第2测定光。

[0024] 在使用了光梳干涉仪11的距离的测定中,基于光频率梳不同的脉冲间的干涉条纹的产生位置来测定从光梳干涉仪11到反射元件41的距离。光梳干涉仪11中,例如,能在亚微米级的精度下测定该距离。

[0025] 光梳干涉仪11包含照射部、受光部和信号处理部。照射部包含光梳光源、频率控制部等。照射部将该光梳光源产生的脉冲光作为测定光向测定对象照射。此外,照射部使该光梳光源所产生的脉冲光的一部分分叉,并作为参照光向光梳干涉仪11内的基准面照射。受光部包含光检测器。该光检测器检测反射光与照射到基准面的参照光之间的干涉光。若光检测器的检测结果被输入,则信号处理部基于在反射光和参照光之间产生干涉光的脉冲光的产生位置,来计算从光梳干涉仪11到反射元件41的距离。

[0026] 这里,对于光梳干涉仪11计算从光梳干涉仪11到反射元件41的距离的原理进行详细说明。

光梳干涉仪11具备第1光梳光源和第2光梳光源这2个,以作为光梳光源。作为光检测器,光梳干涉仪11具备第1光检测器和第2光检测器这2个。

[0027] 第1光梳光源产生具备第1脉冲频率的脉冲光即第1测定光,以作为测定光。第2光梳光源产生具备第2脉冲频率的脉冲光即第2测定光,以作为测定光。第1脉冲频率和第2脉冲频率是彼此不同的频率。

[0028] 当第1测定光从第1光梳光源发射时,不照射到测定对象(即,反射元件41),而是被第1光梳光源内的光学系统反射后,作为第1反射光入射到第1光检测器。另一方面,第2测定光从第2光梳光源照射到测定对象(即,反射元件41)并被该测定对象反射,之后作为第2反射光输入到第2光检测器。

[0029] 第1测定光的一部分分叉并作为第1参照光照射到光梳干涉仪11内的基准面,之后入射到第2光检测器。另一方面,第2测定光的一部分分叉并作为第2参照光照射到光梳干涉仪11内的基准面,之后入射到第1光检测器。

[0030] 第1测定光的脉冲频率与第2测定光的脉冲频率不同,因此,第1反射光的脉冲频率和第2参照光的脉冲频率不同。因此,第1反射光与第2参照光之间的干涉光成为脉冲光与构成第1反射光的脉冲光和构成第2参照光的脉冲光同时入射到第1光检测器的定时同步地出现的干涉光。

[0031] 同样地,第1参照光的脉冲频率与第2反射光的脉冲频率不同。因此,第1参照光与第2反射光之间的干涉光成为脉冲光与构成第1参照光的脉冲光和构成第2反射光的脉冲光同时入射到第2光检测器的定时同步地出现的干涉光。

[0032] 这里,产生第2光检测器检测的干涉光的脉冲光的位置(时间轴上的位置)基于光梳干涉仪11与测定对象之间的位置关系而变动。这是由于第2光检测器检测的干涉光是经由测定对象朝向第2光检测器的第2反射光、和不经由测定对象朝向第2光检测器的第1参照光之间的干涉光。另一方面,产生第1光检测器检测的干涉光的脉冲光的位置(时间轴上的位置)不基于光梳干涉仪11与测定对象之间的位置关系而变动。

[0033] 因此,产生第2光检测器检测的干涉光的脉冲光和产生第1光检测器检测的干涉光的脉冲光之间的时间差间接示出了光梳干涉仪11与测定对象之间的位置关系(典型地,光梳干涉仪11与测定对象之间的距离)。因此,光束干涉仪11可以基于产生第2光检测器检测的干涉光的脉冲光和产生第1光检测器检测的干涉光的脉冲光之间的时间差,来计算从光

梳干涉仪11到反射元件41的距离。

[0034] 这里,光梳干涉仪11照射的测定光透过半反射镜15,之后被光束转向镜13反射并照射到反射元件41。这里,照射到反射元件41的测定光的光路和由反射元件41反射的反射光在壳体10内有一部分是共通的。

[0035] 半反射镜15使从光梳干涉仪11照射的测定光透过。此外,半反射镜15使测定光被反射元件41反射后的反射光的一部分透过光梳干涉仪11,使剩余的一部分反射到4分割PSD12。

[0036] 4分割PSD12通过检测来自反射元件41的反射光来测定反射元件41的位置。该反射光是由光梳干涉仪11所照射的测定光被反射元件41所反射后的反射光。该反射光的一部分被半反射镜15反射,并入射到4分割PSD12。

[0037] 4分割PSD12例如包含光电二极管和电阻体。光电二极管配置成阵列状。也就是说,4分割PSD12包含光电二极管阵列。4分割PSD12中,检测面被分割成4个。4分割PSD12基于分割成4个的检测面的每一个中检测出的反射光的点光的光量来测定点光的位置。

[0038] 4分割PSD12用于在通过立体摄像头3粗略地捕捉了标记44的位置后,通过使用了测定光L1的扫描来推定3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置。

另外,测定装置1可以不具备立体摄像头3。在测定装置1不具备立体摄像头3的情况下,4分割PSD12可以不使用由立体摄像头3粗略地捕捉标记44的位置后的结果,而是通过使用了测定光L1的扫描来推定3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置。

另外,测定装置1可以具备其它位置检测器来代替4分割PSD12。其它位置检测器例如为线传感器、二维传感器(也称为区域传感器)、相位检测方式的距离测量器等。

[0039] 光束转向镜13将从光梳干涉仪11照射的测定光向反射元件41的方向反射。此外,光束转向镜13将从反射元件41反射测定光后的反射光向光梳干涉仪11的方向反射。光束转向镜13是可动镜的一个示例。

[0040] PMA14移动(变更)光束转向镜13的方向。作为一个示例,PMA14具备万向节部和旋转编码器(未图示)。光束转向镜13的方向通过驱动万向节部并变更万向节部的旋转角度来变更。万向节部能够分别变更经度方向和纬度方向而使光束转向镜13旋转。旋转编码器测量万向节部的旋转角度。

[0041] 这里,参照图4至图6,以反射元件41为代表来说明3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的结构。

图4是示出本实施方式所涉及的反射元件41的截面的结构的一个示例的图。图5是示出本实施方式所涉及的反射元件41的外观的一个示例的图。反射元件41包括透镜410、镜面411、收纳构件412和标记设置面413。

[0042] 透镜410为大致球形的透镜。本实施方式中,作为一个示例,透镜410的直径为35mm。透镜410相对于测定光L1的波长具有规定的折射率。

透镜410在其球的表面具有镜面411。实施透镜蒸镀来形成镜面411,以使得覆盖球形的透镜410中的一部分。镜面411相对于测定光L1的波长具有规定以上的反射率。

[0043] 收纳构件412收纳透镜410。透镜410收纳在收纳构件412中,并粘接固定到收纳构件412,以使得透镜410的一部分露出。一部分是指与球形的透镜410中未形成镜面411的部

分大致一致。为了使反射元件41能反射入射光的范围足够宽,优选为透镜410中的至少半球露出。另外,由于收纳构件412固定透镜410,因此可以被称为保持部。

[0044] 收纳构件412具备标记设置面413。标记设置面413可以设置有LED、反射密封件。

[0045] 图6是示出本实施方式所涉及的反射元件41对测定光进行反射的情形的一个示例的图。图6中,作为测定装置1照射到反射元件41的测定光L1的示例,示出测定光L11和测定光L12。测定光L11和测定光L12分别入射到透镜410,然后在入射的方向上被镜面411所反射。反射元件41是在入射方向上反射光束而与光束相对于本身从哪个位置或方向入射无关的光学元件。也就是说,反射元件41具有再归反射功能。

[0046] 图7是示出本实施方式所涉及的测定装置1的功能结构的一个示例的图。测定装置1包括位置测定部20、控制部21、第1拍摄部22、通信部23和存储部24。

[0047] 位置测定部20包括距离测定部200、照射方向驱动部204、照射方向测定部205、位置获取部206。

距离测定部200将测定光照射到反射元件41,接收反射光并测定到反射元件的距离。距离测定部200包含照射部201、受光部202、信号处理部203。照射部201将测定光分别照射到安装于测定对象的可动部的至少3个反射元件。也就是说,照射部201能向安装于机器人T1的至少3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。受光部202接收反射光。这里,受光部202能接收由3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别反射的反射光。

[0048] 信号处理部203处理来自受光部202的信号,获取到反射元件41的距离信息。距离测定部200包含光梳干涉仪11。

照射部201包含光梳干涉仪11所具备的光梳光源。照射部201能将光梳作为测定光L1来照射。照射部201经由光束转向镜13的反射面分别对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)照射测定光L1。

受光部202包含光梳干涉仪11所具备的受光部。受光部202经由光束转向镜13的反射面接收分别来自3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的反射光。

信号处理部203包含光梳干涉仪11所具备的信号处理部。

[0049] 照射方向驱动部204变更测定光的照射方向。变更照射方向也称为移动照射方向。照射方向驱动部204包含PMA15所包含的万向节部。

[0050] 照射方向测定部205对测定光的照射方向进行测定。照射方向测定部205包含PMA15中所包含且测量万向节部的角度的旋转编码器。照射方向测定部205将照射方向的测定结果作为方向信息输出到距离测定部200的位置获取部206。

[0051] 位置获取部206根据距离测定部200测定出的到反射元件41的距离(距离信息)和照射方向测定部205测定出的测定光的照射方向(方向信息),获取分别关于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的三维空间内的位置(位置信息)。此外,位置获取部206基于分别关于3个反射元件的位置信息,对3个反射元件分别计算方向信息。

[0052] 位置信息包含关于测定对象(本实施方式中,机器人T1)的第1轴的位置信息、关于与第1轴交叉的第2轴的位置信息、以及关于与第1轴和第2轴交叉的第3轴的位置信息。第1轴例如是配置测定对象的空间内所设定的正交坐标系中的x轴。第2轴例如是该正交坐标系中的y轴。第3轴例如是该正交坐标系中的z轴。关于第1轴的位置信息例如是x轴的坐标。关

于第2轴的位置信息例如是y轴的坐标。关于第3轴的位置信息例如是z轴的坐标。

[0053] 方向信息包含关于测定对象绕第1轴(例如x轴)的旋转方向的位置的信息、关于绕第2轴(例如y轴)的旋转方向的位置的信息、以及关于绕第3轴(例如z轴)的旋转方向的位置的信息。也就是说,方向信息是表示绕规定的轴的旋转方向的位置的信息。换言之,方向信息是表示测定对象的姿态或朝向的信息。

[0054] 位置获取部206基于受光部202的受光结果,获取关于机器人T1的第1轴(x轴)的位置信息、关于与第1轴(x轴)交叉的第2轴(y轴)的位置信息、关于与第1轴(x轴)和第2轴(y轴)交叉的第3轴(z轴)的位置信息、关于绕第1轴(x轴)的旋转方向的位置的信息、关于绕第2轴(y轴)的旋转方向的位置的信息、以及关于绕第3轴(z轴)的旋转方向的位置的信息。另外,位置信息和方向信息的获取的详细内容在后文中阐述。

[0055] 控制部21进行测定装置1所具备的其它各设备、部件的控制。控制部21例如具备CPU(Central Processing Unit:中央处理单元)、GPU(Graphics Processing Unit:图形处理单元)、FPGA(Field-Programmable Gate Array:现场可编程门阵列)等,进行各种运算和信息的交换。控制部21从ROM读取程序,并按照读取的程序执行各种控制。

[0056] 另外,控制部21和测定装置1所具备的各设备、部件例如通过信号线连接。另外,控制部21和测定装置1所具备的各设备、部件可以通过使用了光、电波等电磁波的近距离无线通信来进行通信。此外,控制部21执行各种运算。

[0057] 第1拍摄部22拍摄3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的至少一部分。第1拍摄部22包含4分割PSD12。

[0058] 通信部23与外部装置进行通信。外部装置例如是控制设置有反射元件41的机器人T1的控制系统、第2拍摄部30。

通信部23包含发送部和接收部。发送部将由包含在位置测定部20中的位置获取部206获取到的反射元件41的位置信息和方向信息发送给该控制系统。通信部23包含用于经由无线网络进行通信的通信接口(I/F)。

[0059] 作为通信部23的通信,例如可以使用第五代移动通信系统、或使用了波长比毫米波要短的光的移动通信系统。第五代移动通信系统中,作为频带,使用450Mhz至6000Mhz的频带和24250Mhz至52600Mhz的频带。

[0060] 第2拍摄部30拍摄标记44。第2拍摄部30通过由反射元件41反射自然光或灯泡、荧光灯、水银灯、LED、闪光灯等人工光而得的反射光来拍摄标记44的像。如上所述,标记44相对于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)配置在规定的位置。第2拍摄部30包含立体摄像头3。

另外,本实施方式中,对第2拍摄部30与测定装置1分开设置的情况的一个示例进行说明,但不限于此。第2拍摄部30可以与测定装置1一体设置。

[0061] 存储部24存储各种信息。存储部24例如预先存储反射元件配置信息。反射元件配置信息是表示3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的配置的信息。该配置根据目标构件4中配置3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置来决定。

[0062] 测定装置1向安装于机器人T1的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。测定装置1接收由3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射

元件43)分别反射测定光L1而得的反射光。测定装置1基于该反射光的受光结果来测定机器人T1的位置和旋转方向的位置。

[0063] 立体摄像头3通过拍摄标记44来推定标记44的位置。立体摄像头3基于一对摄像头的视差以较粗的精度推定标记44的位置。较粗的精度例如为100mm左右的精度。

[0064] 测定装置1基于立体摄像头3推定出的标记44的位置,利用测定光L1扫描规定的范围。图8中,示出基于测定光L1的扫描的情形的一个示例。推定范围R1是基于立体摄像头3推定出的标记44的位置的规定的范围。推定范围R1包含由立体摄像头3推定出的标记44的位置。推定范围R1例如是一边为100mm左右的长方形的范围。

[0065] 测定装置1将包含推定范围R1的规定范围设为扫描范围R2。扫描范围R2是由测定光L1进行扫描的范围。测定装置1沿着轨道TR1进行扫描。轨道TR1例如是波浪线状或螺旋状的轨道等。如上所述,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)配置在标记44附近,因此,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置包含在扫描范围R2内。

[0066] 测定装置1使用位置检测元件(Position Sensitive Detector:PSD,位置敏感检测器)来推定照射了测定光L1的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置。该PSD检测由3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别反射测定光L1而得的反射光。

[0067] 测定装置1沿着能通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的规定的轨道扫描测定光L1。该轨道基于PSD对3个反射元件的位置的推定结果来计算。测定装置1基于由3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别对扫描中的测定光L1进行反射而得的反射光的受光结果,分别测定3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置。测定装置1基于分别测定3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置的结果,来测定安装有目标构件4的机器人T1的位置和旋转方向的位置。

[0068] 本实施方式中,机器人T1的位置是指安装于该机器人T1的可动部的目标构件4的位置。表示该位置的位置信息是表示目标构件4相对于基准位置的位置的信息。基准位置是配置目标构件4的空间内的规定的位置。

[0069] 表示目标构件4的位置的位置信息由配置目标构件4的空间内的坐标系(称为基准坐标系)的坐标来表示。位置信息例如由直角坐标(X,Y,Z)来表示。坐标X、坐标Y和坐标Z的组表示直角坐标(X,Y,Z)内的位置。另外,坐标X、坐标Y、坐标Z分别可以称为X方向的距离、Y方向的距离、Z方向的距离。

[0070] 机器人T1的旋转方向的位置是指安装有目标构件4的可动部的旋转方向的位置。表示该旋转方向的位置的关于旋转方向的位置的信息(称为方向信息)由关于基准坐标系的3个坐标轴绕各自的坐标轴的旋转方向的位置来表示。绕各自的坐标轴的旋转方向的位置由示出旋转的角度来表示。在上述位置信息由直角坐标表示的情况下,方向信息由绕该直角坐标的坐标轴的旋转方向的位置来表示。也就是说,方向信息由绕X轴的位置、绕Y轴的位置以及绕Z轴的位置来表示。

图9中,示出位置信息由直角坐标表示时的绕坐标轴的旋转方向的位置的一个示例。图9中,绕X轴的位置由旋转角θX表示,绕Y轴的位置由旋转角θY表示,绕Z轴的位置由旋转角θZ表示。

另外,绕轴的旋转方向的位置可以称为方向或姿态等。

[0071] 测定装置1将测定出的位置信息和方向信息发送到机器人T1的控制系统(未图示)。基准位置和坐标系预先在测定装置1和控制系统之间共享。该控制系统能基于从测定装置1接收到的位置信息来获取机器人T1的位置,因此能高精度地校正机器人T1。

[0072] 另外,本实施方式中,说明了具备3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的目标构件4安装于机器人T1的情况、即3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)安装于机器人T1的情况的一个示例,但不限于此。机器人T1安装有至少3个以上的反射元件即可。例如,机器人T1可以安装有4个以上的反射元件。

[0073] 接着,参照图10,对测定装置1获取位置信息和方向信息的处理即测定处理进行说明。图10是示出本实施方式所涉及的测定处理的一个示例的图。测定处理由控制部21执行。另外,本实施方式中,在测定装置1进行测定处理的期间,设机器人T1不移动。也就是说,在测定装置1进行测定处理的期间,设机器人T1的位置和姿态不变化。

[0074] 控制部21执行粗搜索(步骤S10)。

这里,参照图11对粗搜索的处理的详细内容进行说明。图11是示出本实施方式所涉及的粗搜索的处理的一个示例的图。

[0075] 控制部21使用第2拍摄部30来拍摄标记44的像(步骤S110)。控制部21经由通信部23来控制第2拍摄部30。第2拍摄部30由控制部21控制,并由立体摄像头3拍摄标记44的像。

[0076] 立体摄像头3利用1对摄像头分别拍摄立体摄像头3所朝的方向的视场的图像。这里,设立体摄像头3预先朝向配置有目标构件4的方向。

[0077] 立体摄像头3根据一对摄像头分别拍摄到的图像,利用图像处理生成高对比度图像。高对比度图像是与进行该图像处理前的图像相比对比度更高的图像。作为一个示例,立体摄像头3基于人工智能(AI:Artificial Intelligence),从高对比度图像的整个区域中判定与标记44的图像对应的区域(也称为分割)。作为AI,可以使用各种机器学习。立体摄像头3对于由一对摄像头分别拍摄到的图像的每一个,判定与标记44的图像对应的区域。

[0078] 立体摄像头3基于判定出的区域来判定标记44在图像内的位置。立体摄像头3将标记44在图像内的位置作为图像内的二维坐标来判定。立体摄像头3对于由一对摄像头分别拍摄到的图像的每一个,判定标记44在图像内的位置。立体摄像头3基于关于由一对摄像头分别拍摄到的图像的每一个的、标记44在图像内的位置、以及一对摄像头的视差来推定标记44的位置(步骤S120)。如上所述,标记44的位置是配置目标构件4的空间内的位置。

[0079] 立体摄像头3经由测定装置1的通信部23将表示推定出的标记44的位置的位置信息即标记位置信息发送给控制部21(步骤S130)。控制部21经由通信部23从立体摄像头3获取标记位置信息。控制部21基于获取到的标记位置信息来控制照射方向驱动部204,以使得测定光的照射方向朝向标记44所在的方向(步骤S140)。这里,控制部21基于标记位置信息控制照射方向驱动部204,从而使测定光的照射方向朝向标记44所在的方向。

[0080] 另外,步骤S120中,在多个标记44配置在立体摄像头3所朝向的方向的视场中的情况下,立体摄像头3可以对该多个标记44的每一个推定标记44的位置。该情况下,立体摄像头3对于推定出位置的每一个标记44,可以将标记位置信息发送给测定装置1。

[0081] 另外,步骤S120中,说明了使用AI来判定标记44的图像时的一个示例,但不限于此。为了判定标记44的图像,可以使用模板匹配。

[0082] 另外,说明了由立体摄像头3推定标记44的位置并作为标记位置信息发送给测定装置1时的一个示例,但不限于此。判定与标记44的图像对应的区域的处理、基于一对摄像头的视差来推定标记44的位置的处理中的至少一方可以由控制部21来执行。

此外,在立体摄像头3设置于测定装置1的情况下,判定与标记44的图像对应的区域的处理、基于一对摄像头的视差来推定标记44的位置的处理由控制部21来执行。

[0083] 返回图10继续进行位置测定处理的说明。

控制部21执行细搜索的处理(步骤S20)。细搜索是与上述粗搜索相比位置测定的精度更高的搜索。此外,细搜索可以是与粗搜索相比搜索范围更窄的搜索。这里,参照图12对细搜索的处理的详细内容进行说明。图12是示出本实施方式所涉及的细搜索的处理的一个示例的图。

[0084] 控制部21执行区域扫描(步骤S210)。这里,控制部21如图8所示,控制部21基于立体摄像头3推定出的标记44的位置,利用测定光L1扫描规定的范围。控制部21通过控制照射方向驱动部204和第1拍摄部22来执行区域扫描。控制部21基于区域扫描的结果来推定反射元件的中心的位置(步骤S220)。

[0085] 这里,参照图13至图22对区域扫描的详细内容进行说明。

图13是示出本实施方式所涉及的区域扫描中的测定光L1的轨道的一个示例的图。图13中,测定光L1的轨道为螺旋状的轨道。图13中,进行区域扫描的规定的范围由方位角和仰角来表示。方位角表示水平方向的位置(方位角)。仰角表示垂直方向的方位(仰角)。推定范围R11表示基于立体摄像头3推定出的标记44的位置的规定的范围。在测定装置1和目标构件4的距离为10m的情况下,推定范围R11在4分割PSD12的视场中是一边为300mm的长方形的范围。

[0086] 控制部21利用测定光L1扫描包含推定范围R11的规定的范围。控制部21利用测定光L1沿着螺旋状的轨道扫描该规定的范围。可以从螺旋的中心向外侧进行扫描,也可以从外侧向螺旋的中心进行扫描。点P11表示测定光L1当前的照射位置。

[0087] 图13中,作为一个示例,1个反射元件A11位于推定范围R11内。这里,为了进行说明,考虑3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)中仅一个安装于目标构件4的情况。

反射元件A11是该一个反射元件。

[0088] 4分割PSD12检测由反射元件A11反射测定光L1而得的反射光。图14示出测定光L1沿着螺旋状的轨道扫描的同时照射到反射元件A11的情形的一个示例。如图14所示,作为一个示例,测定光L1每隔0.1ms间隙地被照射。换言之,测定光L1以10kHz被照射。

[0089] 另外,在区域扫描中,为了使4分割PSD12检测来自反射元件的反射光而照射测定光L1,不进行光梳干涉仪11的距离的测定。

[0090] 4分割PSD12检测测定光L1被反射后的反射光,测定光L1的光路与反射光的光路相一致。因此,测定光L1的照射方向与4分割PSD12的视场的方向相一致。也就是说,对应于测定光L1的照射方向因区域扫描而变化的情况,4分割PSD12的视场的方向变化。

[0091] 图15是示出在本实施方式所涉及的扫描的过程中反射元件的像在4分割PSD的视场内移动的情形的一个示例的图。像A121和像A122分别示出在沿着螺旋状的轨道进行扫描的情况下由4分割PSD12检测出的反射元件A11的像在4分割PSD12的视场内移动的情形。

[0092] 为了推定反射元件A11的位置,在4分割PSD12的视场的中心PC1检测到反射元件A11的像的情况下,需要判定4分割PSD12的视场的方向。如上所述,4分割PSD12的视场的方向是测定光L1的照射方向。由照射方向测定部205对测定光L1的照射方向进行测定,以作为万向节部的旋转角度。

[0093] 图16、图17和图18中,示出扫描的结果所得到的测定光L1的照射方向、与4分割PSD12的视场内的反射元件A11的位置的关系。图16示出相对于测定光L1的方位角方向的照射方向的、4分割PSD12的视场内的反射元件A11的水平方向的位置。图17示出相对于测定光L1的仰角方向的照射方向的、4分割PSD12的视场内的反射元件A11的铅直方向的位置。图18示出扫描的结果所得到的4分割PSD12的视场内的反射元件A11的位置。

[0094] 根据图16和图17分别所示的4分割PSD12的视场内的反射元件A11的位置的绘图,判定反射元件A11的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的4分割PSD12的视场的方向。

[0095] 控制部21基于最小二乘法,利用直线对图16所示的4分割PSD12的视场内的反射元件A11的位置的绘图进行近似。直线F1是通过该近似而得到的直线。控制部21将直线F1和轴AX1的交点所示的方位角方向作为反射元件A11的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的方位角方向的照射方向来判定。轴AX1是图16所示的坐标平面的横轴,表示4分割PSD12的视场的中心PC1的水平方向的位置。

[0096] 同样地,控制部21基于最小二乘法,利用直线对图17所示的4分割PSD12的视场内的反射元件A11的位置的绘图进行近似。直线F2是通过该近似而得到的直线。控制部21将直线F2和轴AY1的交点所示的仰角方向作为反射元件A11的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的仰角方向的照射方向来判定。轴AY1是图17所示的坐标平面的横轴,表示4分割PSD12的视场的中心PC1的铅直方向的位置。

[0097] 如上所述,控制部21分别判定反射元件A11的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的方位角方向的照射方向和仰角方向的照射方向。控制部21将判定出的测定光L1的照射方向作为反射元件A11的中心的位置来判定。

[0098] 接着,参照图19、图20和图21,说明对多个反射元件推定各自的中心位置的情况。图19是示出本实施方式所涉及的区域扫描的一个示例的图。推定范围R12表示基于由立体摄像头3推定出的标记44的位置的规定的范围。比较图19和图13时,图19中,除了3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)位于推定范围R12内这点以外,与图13相同。

[0099] 图20和图21中,示出扫描的结果所得到的测定光L1的照射方向与4分割PSD12的视场内的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置各自的关系。图20分别示出相对于测定光L1的方位角方向的照射方向的、4分割PSD12的视场内的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的水平方向的位置。图21分别示出相对于测定光L1的仰角方向的照射方向的、4分割PSD12的视场内的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的铅直方向的位置。

[0100] 如图20和图21所示,在多个反射元件位于推定范围R12内的情况下,多个反射元件由4分割PSD12来检测,而不区分多个反射元件彼此。控制部21基于各个反射元件被检测出的时刻,对检测结果分类是多个反射元件中的哪一个的检测结果。

[0101] 在沿着螺旋状等规定的轨道进行扫描的情况下,预先决定从某个反射元件被检测

出到该反射元件下次被检测出为止的时间。基于该时间,控制部21对检测结果彼此进行分类,以作为1个反射元件的检测结果。图20和图21所示的示例中,控制部21基于在沿着螺旋状的轨道进行扫描时从某个反射元件被检测出到该反射元件下次被检测出为止的时间,对检测结果分类是3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)中的哪一个的检测结果。

[0102] 关于图20所示的检测结果,针对分类后的每个检测结果,控制部21基于最小二乘法利用直线对该检测结果所示的绘图进行近似。图20中,直线F11表示作为反射元件41的检测结果被分类后的绘图通过该近似而得到的直线。直线F12表示作为反射元件42的检测结果被分类后的绘图通过该近似而得到的直线。直线F13表示作为反射元件A23的检测结果被分类后的绘图通过该近似而得到的直线。

[0103] 控制部21将直线F11和轴AX2的交点所示的方位角方向作为反射元件41的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的方位角方向的照射方向来判定。控制部21将直线F12和轴AX2的交点所示的方位角方向作为反射元件42的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的方位角方向的照射方向来判定。控制部21将直线F13和轴AX2的交点所示的方位角方向作为反射元件A23的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的方位角方向的照射方向来判定。轴AX2是图20所示的坐标平面的横轴,表示4分割PSD12的视场的中心PC1的水平方向的位置。

[0104] 同样地,关于图21所示的检测结果,针对分类后的每个检测结果,控制部21基于最小二乘法利用直线对该检测结果所示的绘图进行近似。图21中,直线F21表示作为反射元件41的检测结果被分类后的绘图通过该近似而得到的直线。直线F22表示作为反射元件42的检测结果被分类后的绘图通过该近似而得到的直线。直线F23表示作为反射元件A23的检测结果被分类后的绘图通过该近似而得到的直线。

[0105] 控制部21将直线F21和轴AY2的交点所示的仰角方向作为反射元件41的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的仰角方向的照射方向来判定。控制部21将直线F22和轴AY2的交点所示的仰角方向作为反射元件42的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的仰角方向的照射方向来判定。控制部21将直线F23和轴AY2的交点所示的仰角方向作为反射元件A23的像在4分割PSD12的视场的中心PC1被检测到时的测定光L1的仰角方向的照射方向来判定。轴AY2是图21所示的坐标平面的横轴,表示4分割PSD12的视场的中心PC1的铅直方向的位置。

[0106] 另外,本实施方式中,说明了控制部21基于最小二乘法利用直线对4分割PSD12的检测结果进行近似时的一个示例,但不限于此。在控制部21利用直线对4分割PSD12的检测结果进行近似的情况下,可以使用其它拟合方法。

[0107] 另外,本实施方式中,说明了区域扫描中的测定光L1的轨道为螺旋状的轨道时的一个示例,但不限于此。区域扫描中的测定光L1的轨道可以为波浪线状。图22中,示出测定光L1的轨道为波浪线状时的区域扫描的一个示例。比较图22和图19时,在图22中,除了测定光L1的轨道为波浪线状这点以外与图19相同。

[0108] 返回图10继续进行测定处理的说明。

控制部21获取位置和姿态(步骤S30)。

这里,参照图23,对获取位置和姿态的处理即位置姿态获取处理的详细内容进行

说明。图23是示出本实施方式所涉及的位置姿态获取处理的一个示例的图。

[0109] 控制部21基于反射元件的中心的位置来计算圆轨道TC1(步骤S310)。反射元件的中心的位置是在细搜索的处理(步骤S20)中推定出的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的中心的位置。圆轨道TC1是能通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的规定轨道的一个示例。

[0110] 另外,计算圆轨道TC1的处理可以由与测定装置1分开的控制装置来进行。该控制装置基于作为由位置获取部206获取到的测定结果且沿着螺旋状的轨道扫描规定的范围的测定光L1的测定结果,来计算通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的测定光L1的轨道(作为一个示例,圆轨道TC1)。另外,控制部21是控制测定装置1的控制装置的一个示例。也就是说,本实施方式中,测定装置1具备该控制装置,以作为控制部21。

[0111] 这里,参照图24,对于圆轨道TC1的计算方法说明两种方法。图24是示出本实施方式所涉及的圆轨道TC1的计算方法的一个示例的图。计算圆轨道TC1的第1个方法是将二维平面中的圆的方程式扩展成三维空间中的圆的方程式。

[0112] 图24中,位置P1、位置P2和位置P3表示反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的中心的位置。圆轨道TC1表示通过位置P1、位置P2和位置P3的圆。

[0113] 三维空间中的圆的方程式由式(1)来表示。另外,图24的说明中,对于三维矢量,像“X→”那样对字符附加箭头的标号来表示。

[0114] [数学式1]

$$\vec{X} = \vec{A} + r\cos(t)\vec{u} + r\sin(t)\vec{v} \quad \cdots(1)$$

[0115] 这里,三维矢量X→表示圆轨道TC1在任意时刻下的点的位置。三维矢量A→表示圆轨道TC1所示的圆的中心CP1的位置。r表示圆轨道TC1所示的圆的半径。三维矢量u→表示在方向上具有从中心CP1到位置P1的方向的单位矢量。三维矢量v→表示在包含位置P1、位置P2和位置P3的二维平面π中与三维矢量u→正交的单位矢量。另外,在该二维平面π中与三维矢量u→正交的单位矢量有2个,但三维矢量v→可以是这2个单位矢量中的任一个。t表示与时刻对应的参数。

[0116] 图24所示的示例中,基于以下3个条件,通过求解以三维矢量A→的分量为变量的联立方程式来计算三维矢量A→。第1个条件是中心CP1位于二维平面π上这个条件。第2个条件是以位置P1为起点并以位置P3为终点的矢量、与以位置P1和位置P3的中点为起点并以中心CP1为终点的矢量j→正交这个条件。第3个条件是以位置P1为起点并以位置P2为终点的矢量、与以位置P1和位置P2的中点为起点并以中心CP1为终点的矢量k→正交这个条件。

[0117] 计算圆轨道TC1的第2个方法是使用四元数(也称为quaternion)的方法。在使用四元数的方法中,使成为旋转的对象的点的坐标与四元数p对应,使旋转后的点的坐标与四元数p’对应。四元数p和四元数p’的关系由式(2)来表示。

[0118] [数学式2]

$$p' = qpq^{-1} \cdots (2)$$

[0119] 这里,四元数q表示旋转轴和旋转量。四元数q-1是与四元数q共轭的四元数。

时刻t下的表示轨道上的坐标的三维矢量s→如式(3)那样表示。

[0120] [数学式3]

$$\vec{s} = \vec{A} + \overrightarrow{p'} \quad \cdots(3)$$

[0121] 这里,三维矢量A→是表示圆轨道TC1的中心的坐标的三维矢量。三维矢量p'→是与四元数p'对应的三维矢量。

[0122] 在使用四元数的方法中,与使用三维矢量的方法相比,能使用于计算三维空间中的旋转的运算负荷变小。因此,在基于反射元件的中心的位置来计算圆轨道TC1的处理中,优选使用四元数的方法。

[0123] 返回图23继续进行位置姿态获取处理的说明。

控制部21通过沿着计算出的圆轨道TC1照射测定光L1来获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置(步骤S320)。控制部21控制照射部201和照射方向驱动部204,获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置。

[0124] 控制部21获取机器人T1的位置(步骤S330)。控制部21基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置来获取机器人T1的位置。

[0125] 这里,机器人T1的位置是安装于机器人T1的可动部的目标构件4的基准位置。目标构件4的基准位置例如是目标构件4的规定部分的规定位置。目标构件4的规定部分例如是目标构件4中接近机器人T1的可动部的部分。目标构件4的规定部分例如是后述的设置构件45。目标构件4的规定部分的规定位置例如是与设置构件45的机器人T1的可动部相接的面的中心的位置、或后述的设置面46的中心的位置等。

[0126] 在机器人T1的可动部的位置移动了的情况下,安装于该可动部的目标构件4的基准位置移动。机器人T1的位置信息是表示安装于机器人T1的可动部的目标构件4的基准位置的信息。

[0127] 3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置与目标构件4的基准位置具有规定的位置关系。控制部21基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置来计算目标构件4的基准位置。也就是说,控制部21基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置信息来获取机器人T1的位置信息。

[0128] 这里,照射部201可以沿着能通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的规定的轨道(圆轨道TC1)扫描测定光L1。此外,照射部201以规定的速度以上沿着圆轨道TC1扫描,并且依次向3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。也就是说,照射部201能以规定的速度以上沿着规定的轨道扫描,并且依次向3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。

[0129] 这里,为了获取作为测定对象的机器人T1的位置信息和关于旋转方向的位置的信息,需要获取安装于机器人T1的至少3个反射元件的位置信息。为了获取某个时刻的机器人T1的位置信息和关于旋转方向的位置的信息,要求获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置信息的时间差尽可能小(即,尽量在同时刻获取3个反射元件各自的位置信息)。

[0130] 本实施方式所涉及的测定装置1中,照射部201具备1个光梳干涉仪11。本实施方式所涉及的测定装置1中,照射部201以规定的速度以上沿着规定的轨道扫描,并且依次向3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。因此,在本实施方式所涉及的测定装置1中,即使在仅具备1个光梳干涉仪11的情况下,也能减小获取3个反射元

件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置信息的时间差。

[0131] 如上所述,圆轨道TC1是基于4分割PSD12得出的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置的检测结果(细搜索的结果)而计算出的轨道。4分割PSD12所得出的位置的检测结果是第1拍摄部22的拍摄结果。也就是说,圆轨道TC1是基于第1拍摄部22得到的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的拍摄结果而计算出的轨道。此外,如上所述,测定光L1沿着圆轨道TC1来照射。因此,测定光L1基于第1拍摄部22得到的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的拍摄结果来照射。

[0132] 此外,本实施方式中,如上所述,为了进行4分割PSD12的细搜索,预先进行由立体摄像头3拍摄标记4的粗搜索。也就是说,第1拍摄部22所进行的粗搜索基于第2拍摄部30拍摄标记44后的结果来进行。因此,测定光L1基于第2拍摄部30的拍摄结果来照射。

[0133] 另外,本实施方式中,作为用于由照射部201沿着能通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的规定的轨道扫描测定光L1的该规定的轨道,说明了计算圆轨道TC1时的一个示例。圆轨道TC1是测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道的一个示例。也就是说,本实施方式中,为了使照射部201沿着规定的轨道进行扫描,位置获取部206计算测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道,以作为该规定的轨道。测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道的其它示例为椭圆轨道。该情况下,位置获取部206在步骤S310中计算椭圆轨道,以作为规定的轨道。此外,测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道的另一个示例为利萨如轨道(Lissajous Orbit)。该情况下,位置获取部206在步骤S310中计算利萨如轨道,以作为规定的轨道。

[0134] 能通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的规定的轨道中,与加速度的变化不变小的轨道相比,测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道更能减轻对照射方向驱动部204所包含的PMA14的万向节部的负荷。

[0135] 另外,作为通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的规定的轨道,可以计算多边形的轨道。为了使测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小,优选为多边形中具有与多个反射元件的数量相同数量的顶点的多边形作为规定的轨道来计算。

此外,作为用于扫描测定光L1的规定的轨道,可以计算圆轨道、椭圆轨道、多边形的轨道以外的轨道(曲线轨道等)。该情况下,也优选为计算测定光L1的照射方向的变化的加速度的变化变小的轨道。

[0136] 控制部21基于获取到的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置来获取机器人T1的姿态(步骤S340)。

[0137] 这里,机器人T1的姿态是安装于机器人T1的可动部的目标构件4的旋转方向的位置(姿态、朝向)。目标构件4的旋转方向的位置例如是目标构件4中接近机器人T1的可动部的部分的旋转方向的位置。目标构件4的旋转方向的位置例如是后述的设置构件45的旋转方向的位置、或后述的设置面46的旋转方向的位置等。

[0138] 在机器人T1的可动部的旋转方向的位置变化了的情况下,安装于该可动部的目标构件4的旋转方向的位置变化。机器人T1的方向信息是表示安装于机器人T1的可动部的目标构件4的方向信息的信息。

[0139] 3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置与目标构件4的旋转方向的位置具有规定的关系。控制部21基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和

反射元件43)各自的位置来计算目标构件4的旋转方向的位置。也就是说,控制部21基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置信息来获取机器人T1的方向信息(机器人T1的姿态或朝向)。

[0140] 这里,参照图25至图27,对获取机器人T1的姿态的处理即姿态获取处理进行说明。本实施方式中,说明了机器人T1安装有3个反射元件的情况,但在姿态获取处理的说明中,对机器人T1安装有4个反射元件的情况的一个示例进行说明。机器人T1安装有3个反射元件时的姿态获取处理与机器人T1安装有4个反射元件时的姿态获取处理相同。

[0141] 图25是示出本实施方式所涉及的姿态获取处理的概要的一个示例的图。姿态获取处理中,作为一个示例,将已知的坐标系拟合到多个反射元件。将已知的坐标系拟合到多个反射元件是指通过分别旋转及/或平移已知坐标系中的坐标已知的多个点,从而与多个反射元件的中心的位置分别重叠。姿态获取处理中,基于拟合到多个反射元件的已知坐标系,来推定安装有多个反射元件的机器人T1的姿态(方向)。

[0142] 这里,关于多个反射元件的中心的位置的关系设为已知。关于多个反射元件的中心的位置的关系为已知,这与在多个反射元件安装于目标构件的状态下关于该多个反射元件的中心的位置的关系为已知相对应。如上所述,多个反射元件安装于目标构件的状态下的关于多个反射元件的中心的位置的关系作为反射元件配置信息预先存储在存储部24中。

另外,已知坐标系中的坐标为已知的多个点的数量等于多个反射元件的数量。

[0143] 图25中,点xp、点yp、点zp和点op分别表示4个反射元件的中心的位置。

图25所示的示例中,作为已知的坐标系,示出已知坐标系C0。作为一个示例,已知坐标系C0是以点o1为原点的正交坐标系。点x1是已知坐标系C0的x轴上的点,点x1的x坐标为坐标K1。点y1是已知坐标系C0的y轴上的点,点y1的y坐标为坐标K2。点z1是已知坐标系C0的z轴上的点,点z1的z坐标为坐标K3。已知坐标系C0中,坐标K1等于连接点xp和点op的边的长度,坐标K2等于连接点yp和点op的边的长度,坐标K3等于连接点zp和点op的边的长度。

另外,作为已知坐标系C0,例如,可以选择上述基准坐标系(配置目标构件4的空间内的坐标系)。

[0144] 姿态获取处理中,分别通过旋转及/或平移的操作,使点x1、点y1、点z1和点o1分别与点xp、点yp、点zp和点op重叠。这里,在旋转及/或平移的过程中,点x1、点y1、点z1和点o1彼此间的位置关系不变化。也就是说,旋转及/或平移的操作对于已知坐标系中的坐标已知的多个点是共通的。

[0145] 图25中,作为一个示例,连接点xp和点op的边的长度、连接点yp和点op的边的长度、以及连接点zp和点op的边的长度彼此不同。因此,坐标K1、坐标K2和坐标K3彼此不同。因此,图25所示的示例中,分别通过旋转及/或平移的操作,使点x1、点y1、点z1和点o1分别与点xp、点yp、点zp和点op重叠,该情况下,重叠(拟合)的方法是唯一的。

[0146] 为了将已知的坐标系拟合到多个反射元件,需要计算表示旋转及/或平移的坐标变换。本实施方式中,作为一个示例,基于主成分分析,在表示坐标变换的矩阵中计算表示旋转的矩阵。

[0147] 这里,考虑分别表示已知坐标系中的坐标已知的多个点的位置的三维矢量Ai(i＝1、2、……、N,N是已知坐标系中的坐标已知的多个点的数量,4个反射元件安装于机器人T1时为4。)、和分别表示多个反射元件的位置的三维矢量Bi(i＝1、2、……、N,N是反射元件的

数量,4个反射元件安装于机器人T1时为4。)。另外,在3个反射元件安装于机器人T1的情况下,N为3。

通过对式(4)所示的矩阵H进行奇异值分解,从而能计算表示旋转的矩阵R。

[0148] [数学式4]

$$H=(A\text{-}centroid_A)\,(B\text{-}centroid_B)^T\cdots(4)$$

[0149] 这里,矩阵A是将三维矢量Ai排列成列而得的矩阵。矩阵A表示三维矢量Ai所示的点的集合。矩阵B是将三维矢量Bi排列成列而得的矩阵。矩阵B表示三维矢量Bi所示的点的集合。如式(5)所示,矩阵centroidA是将表示已知坐标系中的坐标已知的多个点的重心的位置的三维矢量排列成列而得的矩阵。

[0150] [数学式5]

$$centroid_A=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}A^i \qquad \cdots(5)$$

[0151] 如式(6)所示,矩阵centroidB是将表示多个反射元件的位置的重心的位置的三维矢量排列成列而得的矩阵。

[0152] [数学式6]

$$centroid_B=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}B^i \qquad \cdots(6)$$

[0153] 如式(4)所示,矩阵H中,对从矩阵A减去矩阵centroidA后的矩阵乘以从矩阵B减去矩阵centroidB后的矩阵的转置矩阵。因此,通过考虑矩阵H,可以将使矩阵A所示的点的集合和矩阵B所示的点的集合重叠的问题归结为通过平移来重叠的分量预先减少并通过旋转来重叠的问题。

为了计算该旋转,如式(7)所示,对矩阵H进行奇异值分解。

[0154] [数学式7]

$$[U,S,V]=SVD(H)\cdots(7)$$

[0155] 针对这里的矩阵E的奇异值分解由式(8)和式(9)来定义。

[0156] [数学式8]

$$[U,S,V]=SVD(E)\cdots(8)$$

[0157] [数学式9]

$$E=USV^T\cdots(9)$$

[0158] 式(8)和式(9)中,矩阵U是左奇异矢量矩阵,矩阵V是右奇异矢量矩阵,矩阵S是对角分量具有奇异值的矩阵。

[0159] 若使用如式(7)所示对矩阵H进行奇异值分解的结果而得的矩阵V和矩阵U,则表示将矩阵A所示的点的集合与矩阵B所示的点的集合重叠时的旋转的矩阵R如式(10)那样计算。

[0160] [数学式10]

$$R=VU^T\cdots(10)$$

[0161] 接着,计算表示平移的矩阵t。矩阵A和矩阵B由表示旋转的矩阵R和表示平移的矩

阵t如式(11)那样表示。

[0162] [数学式11]

$$R\times A+t=B\cdots(11)$$

[0163] 若使用上述矩阵centroidA和矩阵centroidB,则得到式(11)至式(12)。

[0164] [数学式12]

$$R\times centroid_A+t=centroid_B\cdots(12)$$

[0165] 根据式(12),表示平移的矩阵t使用表示旋转的矩阵R、矩阵centroidA以及矩阵centroidB如式(13)那样计算。

[0166]

[数学式13]

$$t=centroid_B-R\times centroid_A\cdots(13)$$

[0167] 图26中,示出将已知坐标系C0中的坐标已知的4个点即点x1、点y1、点z1和点o1重叠到4个反射元件的位置的处理的一个示例。点xp、点yp、点zp和点op分别表示4个反射元件各自的位置。对于点x1、点y1、点z1和点o1进行旋转及/或平移,以使得点x1、点y1、点z1和点o1分别与点xp、点yp、点zp和点op的每一个重叠。通过使点x1、点y1、点z1和点o1分别与点xp、点yp、点zp和点op分别重叠,从而已知坐标系C0和目标坐标系C1相对应。

[0168] 仅通过测定多个反射元件各自的位置,无法识别该多个反射元件的每一个。在将已知坐标系C0拟合到多个反射元件后,多个反射元件的每一个与已知坐标系C0中的坐标已知的多个点的每一个相对应。因此,在将已知坐标系C0拟合到多个反射元件后,能识别多个反射元件的每一个。

[0169] 此外,在已知坐标系C0拟合到多个反射元件后,能基于已知坐标系C0来进行各种运算。各种运算例如是机器人T1的工具中心点的位置的计算、各种POST处理等。例如,机器人T1的工具中心点的位置的计算由位置获取部206进行。也就是说,位置获取部206获取与机器人T1的工具中心点有关的信息。

[0170] 在上述处理中,设连接点xp和点op的边的长度、连接点yp和点op的边的长度、以及连接点zp和点op的边的长度彼此不同,将已知坐标系重叠到多个反射元件的方法是唯一的,并对该情况进行了说明,但不限于此。连接点xp和点op的边的长度、连接点yp和点op的边的长度以及连接点zp和点op的边的长度中,可以有彼此相等的长度。

[0171] 在连接点xp和点op的边的长度、连接点yp和点op的边的长度、以及连接点zp和点op的边的长度中有彼此相等的长度的情况下,将已知坐标系重叠到多个反射元件的方法并不是唯一的。根据将已知坐标系与多个反射元件重叠的方法不是唯一的情况,在多个反射元件中产生无法识别的反射元件,因此,配置多个反射元件的目标构件的朝向有时无法唯一地判定。

[0172] 例如,在4个反射元件配置于与正四面体的顶点对应的位置的情况下,已知坐标系中的坐标已知的多个点具有与正四面体的顶点对应的坐标。在将顶点具备已知坐标系中的坐标已知的多个点的正四面体与顶点具备4个反射元件的中心的正四面体重叠的情况下,重叠的方法并不是唯一的,因此,配置该4个反射元件的目标构件的朝向无法唯一地判定。

另外,在目标构件的朝向无法唯一地判定的情况下,也能判定目标构件的朝向是多个朝向中的任一个。

[0173] 图26中,示出测定装置1测定目标构件4的位置的误差。该误差是由测定装置1测定出的点xp、点yp、点zp和op各自的坐标相对于已知坐标系C0中的坐标已知的4个点即点x1、点y1、点z1和点o1各自的坐标的误差。

[0174] 图26中,对于点xp、点yp、点zp和点op分别示出根据其大小示出该误差的误差矢量。误差矢量dx→表示点x1的位置相对于点xp的位置的误差。误差矢量dy→表示点y1的位置相对于点yp的位置的误差。误差矢量dz→表示点z1的位置相对于点zp的位置的误差。误差矢量do→表示点o1的位置相对于点op的位置的误差。

[0175] 图27示出表示误差矢量的大小的图表。根据图27,误差矢量的大小为0.6μm左右。在测定装置1测定目标构件4的位置的精度为1μm左右的情况下,目标构件4的位置和姿态的测定的精度为0.6μm左右。在测定装置1测定目标构件4的位置的精度为1nm左右的情况下,期望目标构件4的位置和姿态的测定的精度为亚nm左右。

[0176] 返回图23继续进行位置姿态获取处理的说明。

控制部21输出推定出的位置和姿态(步骤S350)。对于机器人T1,控制部21输出表示推定出的位置的位置信息和表示推定出的姿态的方向信息。控制部21例如通过发送到机器人T1的控制系统来输出。

如上所述,控制部21结束位置姿态获取处理。

[0177] 另外,本实施方式中,说明了在测定装置1进行测定处理的期间机器人T1的位置和姿态不变化的情况的一个示例,但不限于此。在测定装置1进行测定处理的期间,机器人T1的位置和姿态可以变化。在测定处理的期间机器人T1的位置和姿态变化的情况下,在测定光L1依次照射到3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的各个时刻彼此间,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置和姿态可以变化。

[0178] 在测定处理的期间机器人T1的位置和姿态变化的情况下,测定装置1例如可以基于测定光L1分别照射到3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的时刻之差,来推定3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置。例如,测定装置1可以根据测定光L1照射到反射元件41的时刻与测定光L1照射到反射元件42的时刻之差、以及测定光L1照射到反射元件42的时刻与测定光L1照射到反射元件43的时刻之差,来推定某个时刻下3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置。测定装置1可以基于推定某个时刻下3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置而得的结果,来获取机器人T1的位置和姿态。

[0179] 测定装置1可以对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)中的1个位置使用测定值,对剩余2个位置分别使用推定值。例如,在以测定出反射元件42的位置的时刻(即,将测定光L1照射到反射元件42的时刻)为基准的时刻的情况下,测定装置1对于反射元件42的位置使用测定值。测定装置1对于反射元件41的位置和反射元件43的时刻,计算基准的时刻下的推定值。另外,测定出反射元件41的位置的时刻、或测定出反射元件43的位置的时刻也可以作为基准的时刻。

[0180] 另外,在测定处理的期间机器人T1的位置和姿态变化的情况下,测定装置1也可以忽略测定出3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置的时刻彼此间的时间差,并将3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置的测定结果直接作为位置信息来使用。测定出3个反射元件各自的位置的时刻彼此间的时间差可

以忽略的情况是指由于该时间差极其短,因此在测定处理的期间机器人T1的位置和姿态的变化成为测定装置1的测定精度左右的情况。

[0181] 此外,在测定处理的期间可以暂时停止机器人T1。该情况下,例如,表示测定开始的信号即测定开始信号可以从机器人T1的控制系统发送给测定装置1。在测定开始信号从机器人T1的控制系统发送给测定装置1的情况下,该控制系统在暂时停止机器人T1后,将测定开始信号发送给测定装置1。此外,表示暂时停止机器人T1的命令的停止信号可以从测定装置1发送给机器人T1的控制系统。在停止信号从测定装置1发送到机器人T1的控制系统的情况下,该控制系统基于停止信号使机器人T1暂时停止。该控制系统将表示机器人T1已停止的信号发送给测定装置1。

在发送测定开始信号的情况和发送停止信号的情况的任一情况下,测定装置1均在确认了机器人T1已停止后开始测定处理。

[0182] 如上所述,在位置姿态获取处理中,位置获取部206基于与3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置有关的信息,来获取位置信息和方向信息。本实施方式中,作为一个示例,与3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置有关的信息是表示由4分割PSD12检测出的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置的信息。作为一个示例,位置信息由配置目标构件4的空间内的基准坐标系的坐标来表示,并表示直角坐标(X,Y,Z)内的位置。该情况下,位置信息是关于第1轴(X轴)的位置信息、关于第2轴(Y轴)的位置信息和关于第3轴(Z轴)的位置信息。方向信息是关于绕第1轴(X轴)的旋转方向的位置的信息、关于绕第2轴(Y轴)的旋转方向的位置的信息、以及关于绕第3轴(Z轴)的旋转方向的位置的信息。

[0183] 如上所述,在位置姿态获取处理中,由控制部21控制,由照射部201重复进行针对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。

测定装置1中,即使在测定的过程中失去了测定光L1的情况下,也可以通过照射方向驱动部204来驱动照射部201,以使得利用光梳干涉仪11以亚微米级的精度将测定光照射到3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)。例如,失去了测定光L1的情况是在测定装置1与目标构件4之间障碍物持续存在的情况等。

[0184] 接着,参照图28至图30对目标构件4的结构进行说明。图28是示出本实施方式所涉及的目标构件4的结构的一个示例的图。在设置构件45的设置面46上,设有保持部47、保持部48和保持部49。保持部47是保持反射元件41的构件。反射元件41由保持部47保持,并配置在设置面46上。保持部48是保持反射元件42的构件。反射元件42由保持部48保持,并配置在设置面46上。保持部49是保持反射元件43的构件。反射元件43由保持部49保持,并配置在设置面46上。另外,设置面46可以是平面。

[0185] 标记44配置在设置面46上。标记44在设置面46上配置在比配置3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置更接近设置面46的中央的位置。也就是说,标记44在设置面46上配置成被3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)所包围。另外,标记44可以配置于保持部47、保持部48和保持部49中的任一个。

[0186] 图29中,示出反射元件41由保持部47保持的状态下的剖视图。作为一个示例,反射元件41的形状为球形。中心SC1表示球形的反射元件41的中心。反射元件42的形状和反射元件43的形状分别是与反射元件41的形状相同的球形。反射元件41、反射元件42和反射元件

43的大小彼此相等。反射元件42由保持部48保持的状态以及反射元件43由保持部49保持的状态分别与反射元件41由保持部47保持的状态相同。

[0187] 这里,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别是第1反射元件、第2反射元件和第3反射元件各自的一个示例。将反射元件41由保持部47保持的状态下的反射元件41的中心SC1的位置称为第1位置,以作为反射元件41配置于目标构件4的位置。同样地,将反射元件42由保持部48保持的状态下的反射元件42的中心的位置称为第2位置,以作为反射元件42配置于目标构件4的位置。将反射元件43由保持部49保持的状态下的反射元件43的中心SC1的位置称为第3置,以作为反射元件43配置于目标构件4的位置。

[0188] 本实施方式中,连接配置反射元件41的第1位置和配置反射元件42的第2位置的第1边、连接该第2位置和配置反射元件43的第3位置的第2边、以及连接该第3位置和该第1位置的第3边的长度分别不同。另外,可以将第1至第3位置分别设为反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的中心位置。

[0189] 此外,可以将第1至第3位置分别设为反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的中心位置以外的位置。例如,可以将第1至第3位置分别设为从反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的中心位置向下到设置面的垂线与设置面交叉的位置。作为另一个示例,如果是包含在反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的内侧的位置,则第1至第3位置分别可以是从反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的中心偏移后的规定的位置。作为另一个示例,如果是分别相对于反射元件41、反射元件42和反射元件43预先确定的位置(即,规定的相对位置),则第1至第3位置分别可以是反射元件41、反射元件42和反射元件43各自的外侧的位置。

[0190] 如上所述,测定装置1通过沿着圆轨道TC1照射测定光L1来获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置。仅通过获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置,有时无法彼此识别3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)。例如,在3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)在设置面46上配置在与标记44的位置等距离的位置的情况下,仅通过获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置,无法彼此识别3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)。

[0191] 本实施方式中,第1边、第2边和第3边的长度分别不同,因此,通过将已知坐标系拟合到3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43),从而能彼此识别该3个反射元件。

[0192] 此外,图28所示的示例中,第1位置、第2位置和第3位置在设置面46上位于同心圆上。该同心圆的中心的位置是设置面46上与标记44的位置不同的规定的位置。

此外,在设置面46上,反射元件41的中心和标记44的距离、反射元件42的中心和标记44的距离、以及反射元件43的中心和标记44的距离彼此不同。3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)可以基于与标记44的距离来彼此识别。

[0193] 另外,在目标构件4中,第1边的长度、第2边的长度和第3边的长度分别能变更。例如,在设置面46上,对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的每一个设置滑动的板状构件,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别安装于该板状构件。通过使该板状构件滑动,从而第1边的长度、第2边的长度和第3边的长度分别能变更。

此外,在设置面46上,可以对每个反射元件设置多个安装位置,通过对每个反射元件变更该多个安装位置,从而第1边的长度、第2边的长度和第3边的长度分别能变更。

[0194] 再次参照图29来说明。槽470设置于保持部47。槽470是用于填充粘接剂的槽。槽470是环形形状的槽。反射元件41通过填充在槽470中的粘接剂粘接到保持部47并被保持。这里,该粘接剂固化从而产生聚合力。矢量CF1是表示该聚合力的矢量。

[0195] 另外,设置构件45是用于将目标构件4安装于机器人T1的构件。作为一个示例,设置构件45经由螺钉孔(未图示)通过螺钉固定到机器人T1。因此,目标构件4能安装于测定对象。设置构件45可以使用粘接胶带、粘接剂、磁体等安装于机器人T1。

[0196] 接着,参照图30,对设置面46上的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的高度进行说明。图30是示出本实施方式所涉及的设置面46上的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的高度的一个示例的图。轴BX1是与设置面46垂直的方向的轴,是通过标记44的位置的轴。轴BX1表示设置面46的朝向。

[0197] 3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)在设置面46的朝向是轴BX1和测定光L1的照射方向所成的角度中的较小角度为规定的角度以下的朝向的情况下,配置在不隐藏标记44的高度。换言之,测定光L1的照射方向是从测定装置1观察目标构件4的方向。作为一个示例,规定的角度为60度。

因此,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)在安装于目标构件4的状态下,配置在从规定的朝向观察时不隐藏标记44的高度。

[0198] 另外,本实施方式中,说明了安装有3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的目标构件4安装于机器人T1时的一个示例,但不限于此。3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)可以安装于机器人T1。在3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)安装于机器人T1的情况下,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)在从测定装置1观察机器人T1时,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)安装在3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)进入测定装置1的视场内的机器人T1的部分处。

[0199] 在3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)安装于目标构件4的情况下,根据目标构件4的构造,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的配置是已知的。在3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)安装于机器人T1的情况下,3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的配置不一定是已知的。因此,在3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)安装到机器人T1后,通过扫描(scan)来获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的配置。该扫描中,第1拍摄部22拍摄安装有3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的机器人T1的至少一部分。通过扫描获取到的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的配置作为反射元件配置信息存储在存储部24中。

[0200] 如上所述,第1拍摄部22拍摄3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的至少一部分。因此,第1拍摄部22拍摄3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的至少一部分、以及所述机器人的至少一部分中的至少一方。

[0201] 如以上所说明的那样,本实施方式所涉及的测定装置1是测定可移动的机器人T1的位置和旋转方向的位置的测定装置,包括照射部201、受光部202和位置获取部206。

照射部201能向安装于机器人T1的至少3个反射元件(本实施方式中,反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别照射测定光L1。

受光部202能接收由3个反射元件(本实施方式中,反射元件41、反射元件42和反射元件43)分别反射后的反射光。

位置获取部206基于受光部202的受光结果,获取关于机器人T1的第1轴(本实施方式中,x轴)的位置信息、关于与第1轴(本实施方式中,x轴)交叉的第2轴(本实施方式中,y轴)的位置信息、关于与第1轴(本实施方式中,x轴)和第2轴(本实施方式中,y轴)交叉的第3轴(本实施方式中,z轴)的位置信息、关于绕第1轴(本实施方式中,x轴)的旋转方向的位置的信息、关于绕第2轴(本实施方式中,y轴)的旋转方向的位置的信息(本实施方式中,位置信息)、以及关于绕第3轴(本实施方式中,z轴)的旋转方向的位置的信息(本实施方式中,方向信息)。

[0202] 根据该结构,本实施方式所涉及的测定装置1能基于分别照射到安装于机器人T1的至少3个反射元件的测定光L1被3个反射元件分别反射后而得的反射光的受光结果来获取位置信息和关于旋转方向的位置的信息,因此,在机器人T1的控制中,能高精度地测定该机器人T1的位置和姿态。

[0203] (实施方式2)

以下,参照附图对本发明的实施方式2进行详细说明。

上述实施方式1中,说明了在测定装置1进行测定处理的期间机器人T1的位置和姿态不变化的情况。本实施方式中,说明在机器人T1的移动过程中重复进行测定装置1的测定处理的情况。

[0204] 图31示出利用本实施方式所涉及的测定对象移动时的测定光L1来测定位置和姿态的情形的一个示例。设为机器人T1静止直到时刻t0,并在时刻t0开始移动。据此,安装于机器人T1的目标构件4所具备的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)静止直到时刻t0,并在时刻t0开始移动。

[0205] 图31(A)所示的轨道TR0是在目标构件4静止的情况下,基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的中心的位置(即,第1位置、第2位置和第3位置),为位置姿态获取处理而计算的圆轨道。也就是说,轨道TR0是在时刻t0之前计算出的圆轨道。

[0206] 测定装置1沿着轨道TR0依次对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)照射测定光L1,并计算该3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置的时间变化。例如,测定装置1基于4分割PSD12检测的反射元件的位置,分别对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)依次计算方向矢量。该方向矢量表示反射元件的位置的时间变化。

[0207] 图31(B)示出由4分割PSD12检测出照射到反射元件的测定光L1被反射后的反射光的情形。图31(B)中,放大图31(A)中的范围RB1来表示,作为一个示例,示出照射到反射元件43的测定光L1被反射后的反射光由4分割PSD12来检测的情形。

[0208] 测定装置1基于在时刻t0检测出的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置的时间变化(方向矢量),计算时刻t1下能通过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的圆轨道。这里,时刻t1是比时刻t0晚规定的时间后的时刻。测定装置1在之后的时刻(图31中,时刻t1、时刻t2、时刻t3)下也同样地计算各时刻下能通

过3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的圆轨道。

[0209] 接着,参照图32,对测定对象移动时的位置姿态获取处理进行说明。图32是示出本实施方式所涉及的位置姿态获取处理的一个示例的图。图32所示的位置姿态获取处理作为图10所示的测定处理中的步骤S30执行。例如,每当测定光L1照射的位置沿着圆轨道旋转规定的次数时,执行图32所示的位置姿态获取处理。该规定的次数例如为1次。另外,该规定的次数可以为2次以上。

[0210] 另外,步骤S410、步骤S420、步骤S430、步骤S440和步骤S450的各处理与图23中的步骤S310、步骤S320、步骤S330、步骤S340和步骤S350的各处理相同,因此省略说明。

[0211] 步骤S460:位置获取部206判定是否满足了结束条件。结束条件例如是测定装置1获取用于结束测定处理的信号(命令)。该信号例如基于用户对测定装置1的操作从外部装置提供给测定装置1。测定装置1可以具备操作接收部,并基于操作接收部接收的用户的操作,将该信号提供给测定装置1。结束条件可以是在测定装置1开始测定处理后经过了规定的时间。

[0212] 在位置获取部206判定为满足了结束条件的情况下(步骤S460:是),控制部21结束位置姿态获取处理。另一方面,在判定为不满足结束条件的情况下(步骤S460:否),位置获取部206执行步骤S470的处理。

[0213] 步骤S470:位置获取部206基于反射元件的拍摄结果来推定反射元件的中心的位置的变化。反射元件的拍摄结果是由4分割PSD12检测从照射了测定光L1的反射元件反射的反射光而得的结果。位置获取部206基于新获取到的反射元件的拍摄结果所示的反射元件的中心的位置、和上一次获取到的反射元件的拍摄结果所示的反射元件的中心的位置,来计算表示反射元件的中心的位置的变化的方向矢量。位置获取部206基于计算出的方向矢量来推定反射元件的中心的位置的变化。

[0214] 之后,位置获取部206再次执行步骤S410的处理。被再次执行的步骤S410的处理中,位置获取部206基于反射元件的中心的位置来计算圆轨道TC1,该反射元件的中心的位置基于步骤S470中推定出的反射元件的中心的位置的变化。

[0215] 如上所述,在本实施方式所涉及的位置姿态获取处理中,基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的中心的位置的变化,在每个规定的时刻计算圆轨道TC1。圆轨道TC1基于3个反射元件各自的中心的位置的变化在每个规定的时刻计算,因此,照射部201沿着规定的轨道扫描并依次对该3个反射元件分别照射测定光L1,以跟随3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的移动。在机器人T1的移动过程中,分别向3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)重复进行测定光L1的照射。由此,即使在机器人T1的移动过程中,也能继续获取机器人T1的位置和姿态。

[0216] 另外,上述各实施方式中,说明了基于第1拍摄部22对3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)进行拍摄的结果(即,粗搜索的结果)来照射测定光L1时的一个示例,但粗搜索的方法不限于此。

[0217] 此外,作为进行粗搜索的代替,测定装置1可以从机器人T1的控制系统中获取表示机器人T1的位置和姿态的信息,并基于安装位置信息和反射元件配置信息,在较粗的精度下获取3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置。另外,从控制系统获取的表示机器人T1的位置和姿态的信息在较粗的精度下示出机器人T1的位置和姿态。

[0218] 在上述任一情况下,测定装置1基于获取到的3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)的位置来进行细搜索的处理。也就是说,测定光L1基于拍摄部(第1拍摄部22和第2拍摄部30)的拍摄结果来照射。

[0219] 另外,上述各实施方式中,除了姿态获取处理的说明以外,还说明了基于3个反射元件(反射元件41、反射元件42和反射元件43)各自的位置来测定机器人T1的位置和姿态时的一个示例,但不限于此。可以将4个以上的反射元件安装到目标构件4,测定装置1基于测定该4个以上的反射元件的位置而得的结果来测定机器人T1的位置和姿态。这里,为了测定机器人T1的位置和姿态,测定3个反射元件各自的位置就足够了。在测定4个以上的反射元件的位置的情况下,例如,可以将4个中的1个反射元件的位置的测定结果用于基于4个中的3个反射元件各自的位置测定出的机器人T1的位置和姿态的测定结果的验证。该情况下,例如,基于测定中使用的4个中的3个反射元件的任意2个和验证中使用的1个反射元件,来测定机器人T1的位置和姿态以进行验证。通过判定用于验证而测定出的机器人T1的位置和姿态、与用于测定而测定出的机器人T1的位置和姿态在规定精度下是否一致,来进行测定用的测定结果的验证。

[0220] 此外,可以基于4个以上的反射元件的位置的测定结果的平均值来测定机器人T1的位置和姿态。例如,可以将6个反射元件分为2组,并根据每个该组中基于3个反射元件各自的位置测定出的机器人T1的位置和姿态的测定结果来计算关于该组的平均值,并将由此得到的结果设为测定结果。

[0221] 此外,上述各实施方式所涉及的测定装置1中,说明了照射部201具备1个光梳干涉仪11,并对多个反射元件分别依次照射测定光L1时的一个示例,但不限于此。如上所述,照射部201可以具备多个光梳干涉仪。在照射部201具备多个光梳干涉仪的情况下,如上述各实施方式那样,多个光梳干涉仪的一部分可以用于对多个反射元件分别依次照射测定光,多个光梳干涉仪的剩余的一部分光梳干涉仪可以用于分别对该剩余的一部分光梳干涉仪相同数量的反射元件中与本身所对应的1个反射元件照射测定光。

[0222] 特别地,照射部201可以具备与多个反射元件相同数量的光梳干涉仪11。在照射部201具备与多个反射元件相同数量的光梳干涉仪的情况下,照射部201对多个反射元件分别照射从与多个反射元件相同数量的光梳干涉仪分别发出的测定光。

[0223] 另外,说明了在上述各实施方式中的测定装置1中获取位置信息和关于旋转方向的位置的信息(方向信息)时的一个示例,但不限于此。测定装置1可以仅获取位置信息和方向信息中的位置信息。在测定装置1仅获取位置信息和方向信息中的位置信息的情况下,可以由与测定装置1分开的运算装置基于由测定装置1获取到的位置信息来计算方向信息。

[0224] 另外,上述各实施方式中的测定装置1、机器人T1和机器人T1的控制系统设置于机器人系统,并优选用于工厂等生产现场。

此外,上述各实施方式中的测定装置1优选用于使用测定装置1来管理机器人T1的管理方法。

[0225] 另外,上述实施方式中的测定装置1的一部分、例如位置获取部206和控制部21可以由计算机实现。在该情况下,也可将用于实现该控制功能的程序记录在计算机可读取记录介质中,并使计算机系统读取记录在该记录介质中的程序并执行来实现。另外,此处所说的“计算机系统”是内置于测定装置1的计算机系统,包含OS、周边设备等硬件。另外,“计算

机可读记录介质”是指软盘、磁光盘、ROM、CD-ROM等便携式介质以及在计算机系统中内置的硬盘等存储装置。此外,“计算机可读取记录介质”还可以包括通过互联网等网络、电话线路等通信线路发送程序时的通信线路那样在短时间内动态地保存程序的介质;上述情况下成为服务器、客户端的计算机系统内部的易失性存储器那样在一定时间内保存程序的介质。此外,上述程序可以用于实现上述功能的一部分,并且可以通过与已经记录在计算机系统中的程序组合来实现上述功能。

此外,上述实施方式中的测定装置1的一部分或全部可以作为LSI(Large Scale Integration:大规模集成电路)等集成电路来实现。测定装置1的各功能可以单独地处理器化,也可以将一部分或者全部集成在一起处理器化。另外,集成电路化的方法不限于LSI,也可以用专用电路或者通用处理器来实现。另外,在由于半导体技术的进步而出现代替LSI的集成电路化的技术的情况下,也可以使用利用该技术的集成电路。

[0226] 以上,参照附图详细说明了本发明的一个实施方式,但具体结构不限于上述内容,在不脱离本发明主旨的范围内能进行各种设计变更等。

标号说明

[0227] 1 测定装置

201 照射部

202 受光部

206 位置获取部

T1 机器人

41、42、43 反射元件

L1 测定光。

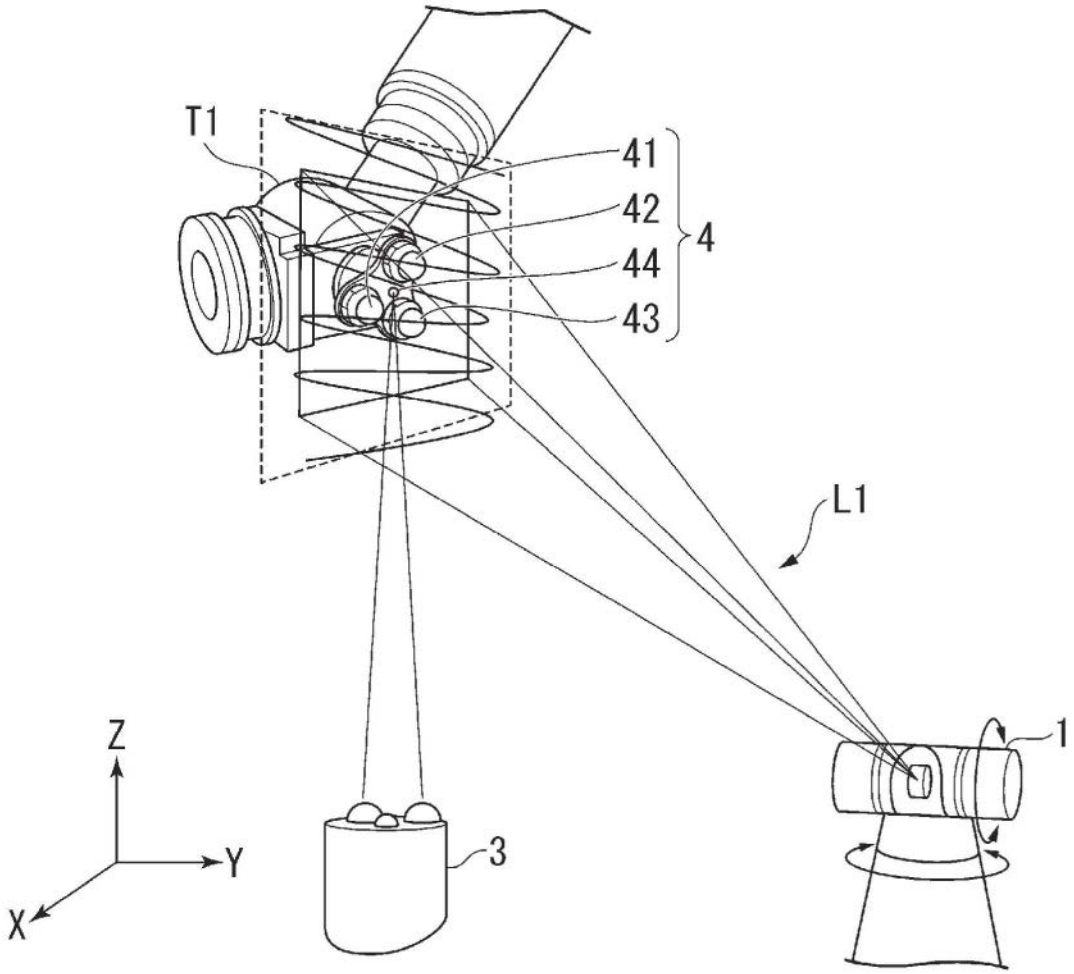


图1

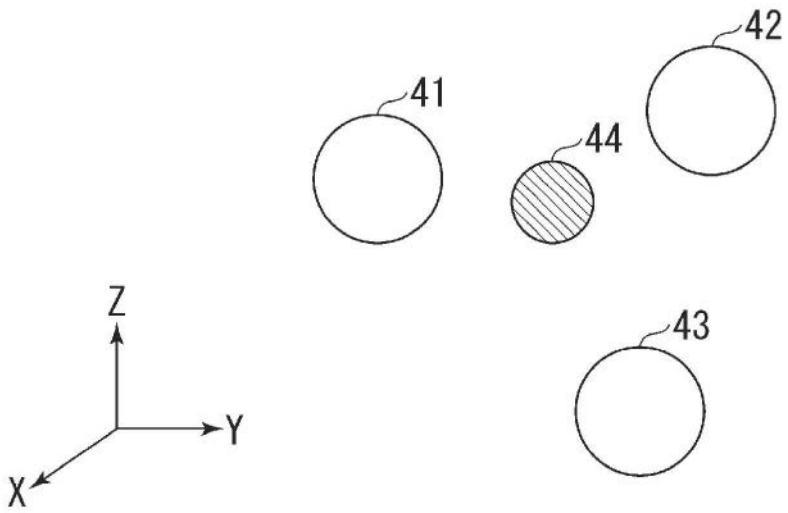


图2

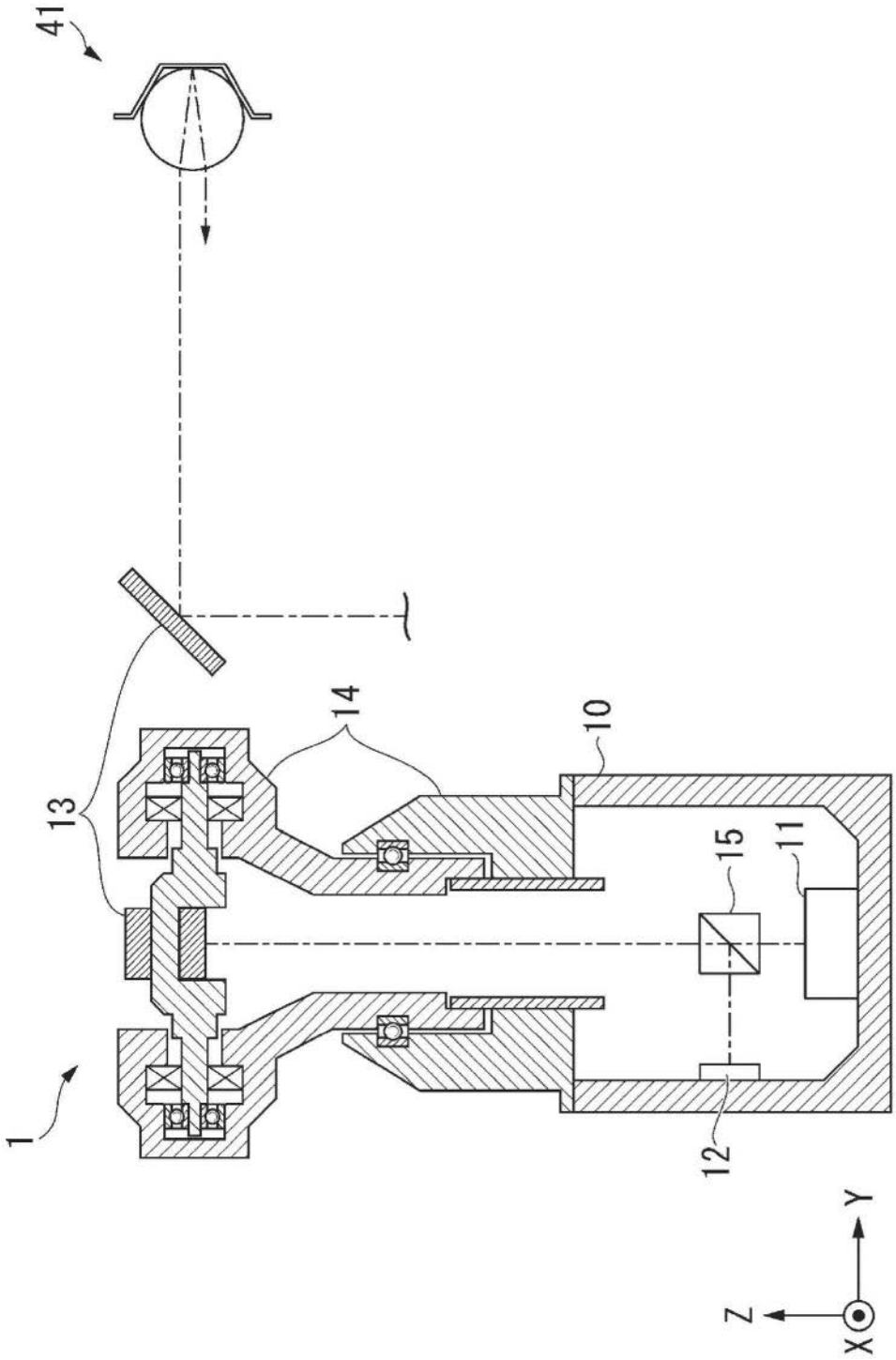


图3

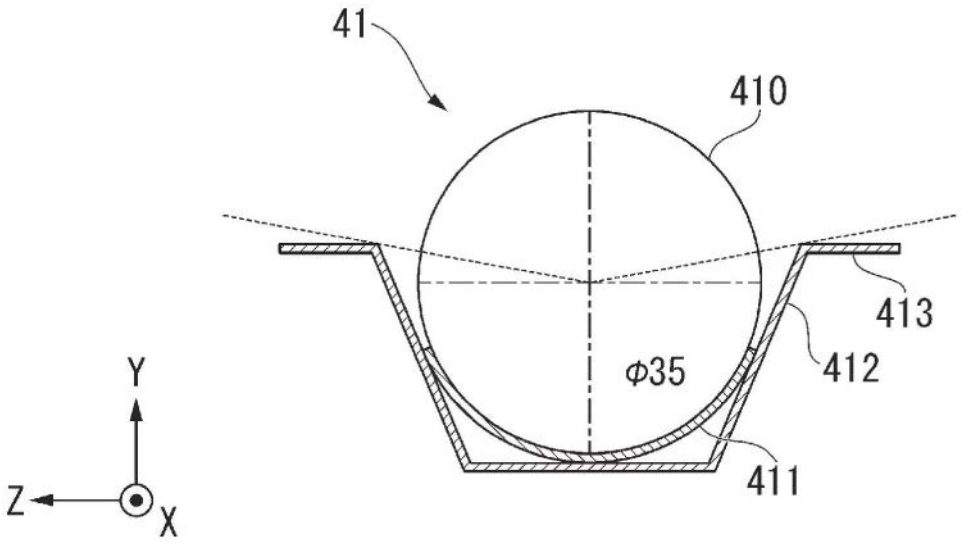


图4

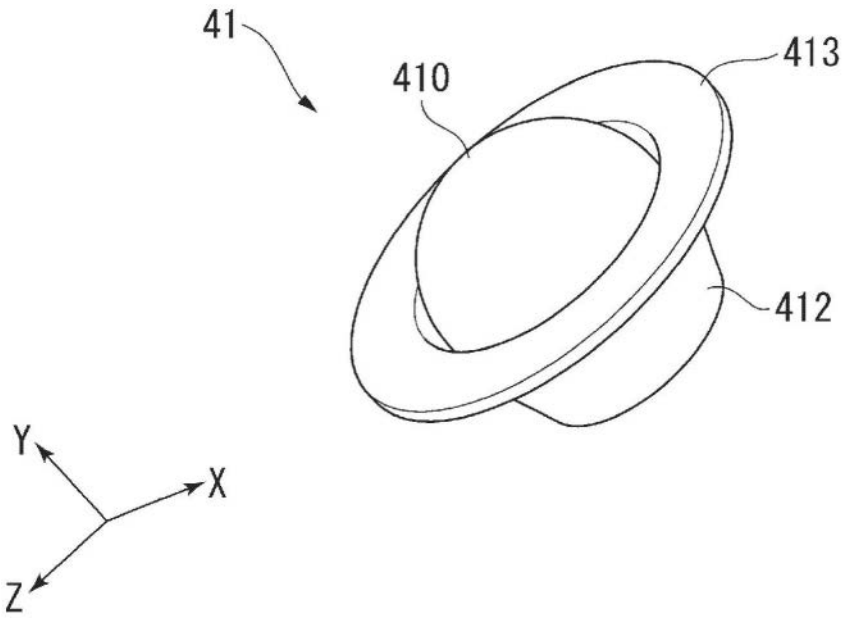


图5

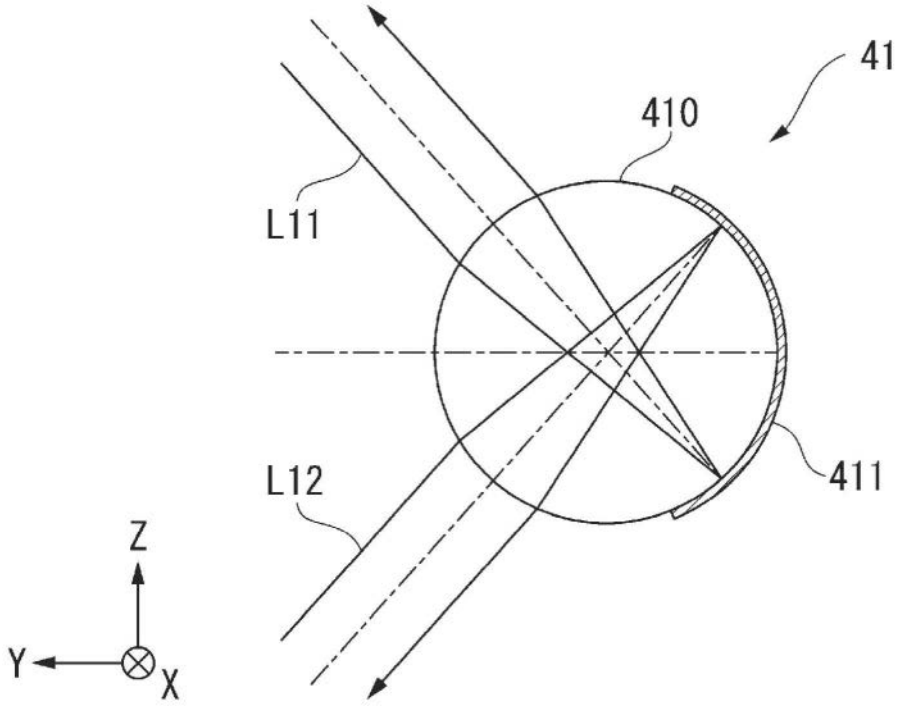


图6

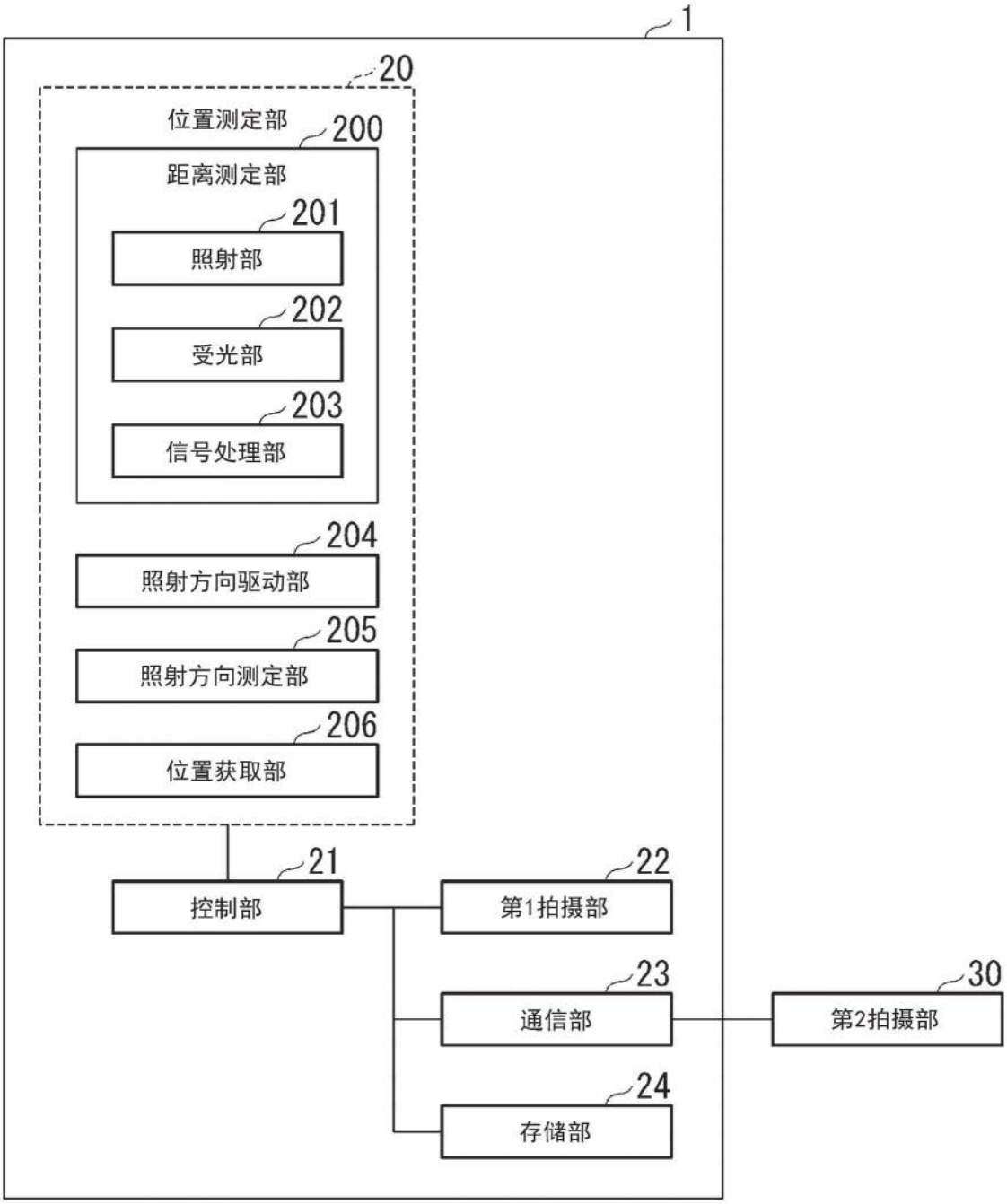

1
20
位置测定部
200
距离测定部
201
照射部
202
受光部
203
信号处理部
204
照射方向驱动部
205
照射方向测定部
206
位置获取部
21
控制部
22
第1拍摄部
23
通信部
30
第2拍摄部
24
存储部

图7

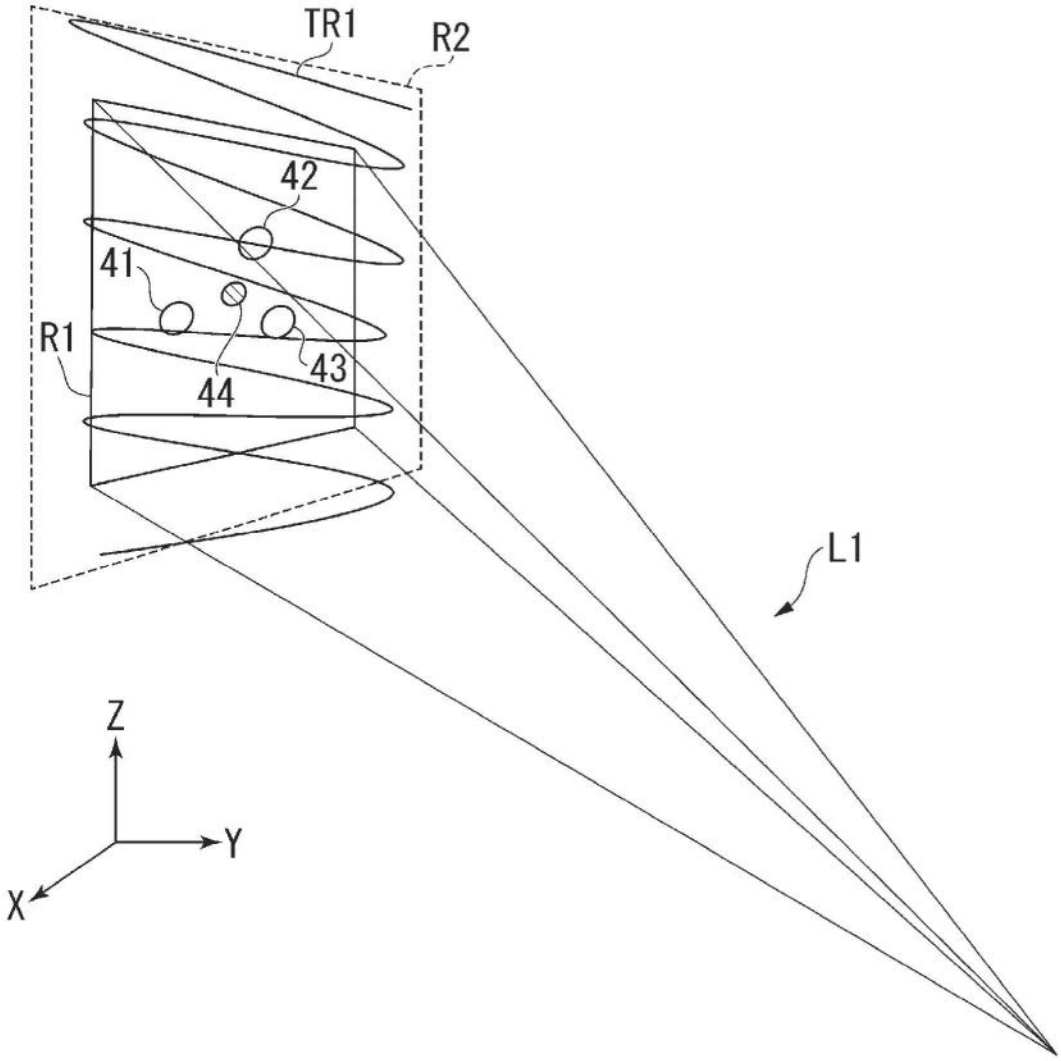


图8

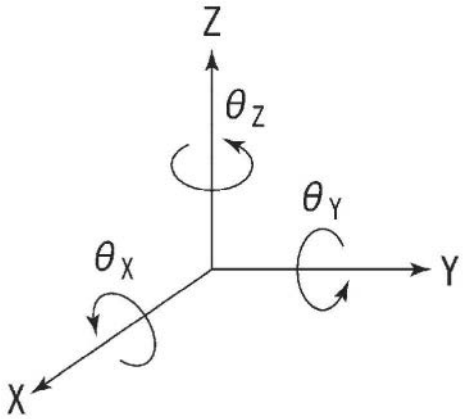


图9

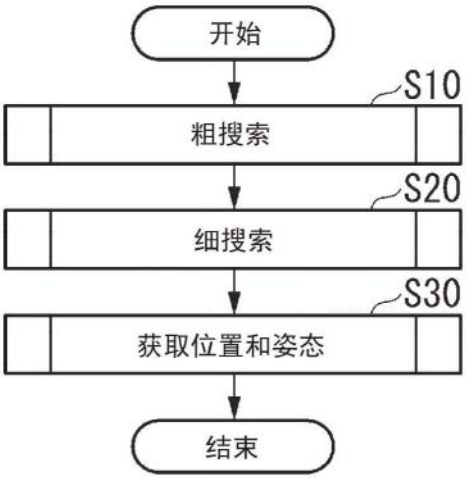

开始
S10
粗搜索
S20
细搜索
S30
获取位置和姿态
结束

图10

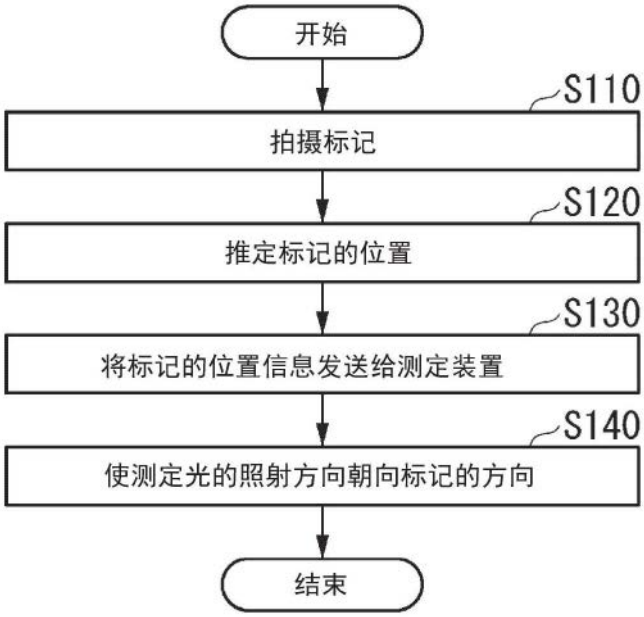

开始
S110
拍摄标记
S120
推定标记的位置
S130
将标记的位置信息发送给测定装置
S140
使测定光的照射方向朝向标记的方向
结束

图11

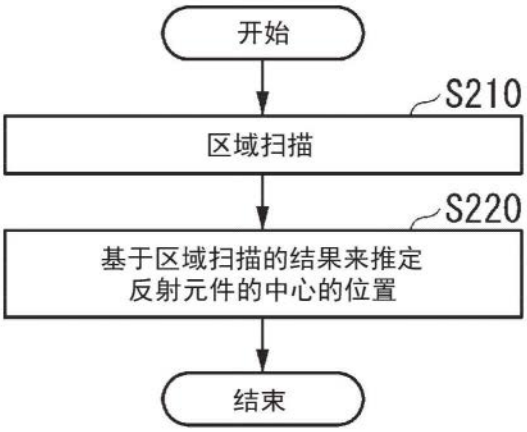

开始
S210
区域扫描
S220
基于区域扫描的结果来推定
反射元件的中心的位置
结束

图12

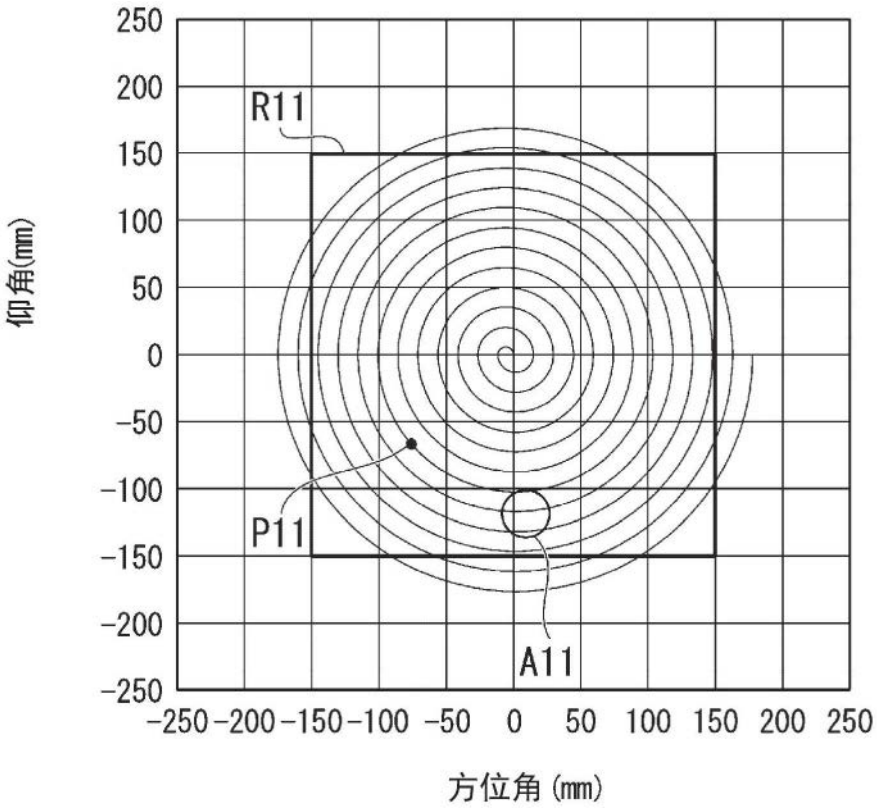

250
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-250
仰角(mm)
R11
P11
A11
-250 -200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200 250
方位角(mm)

图13

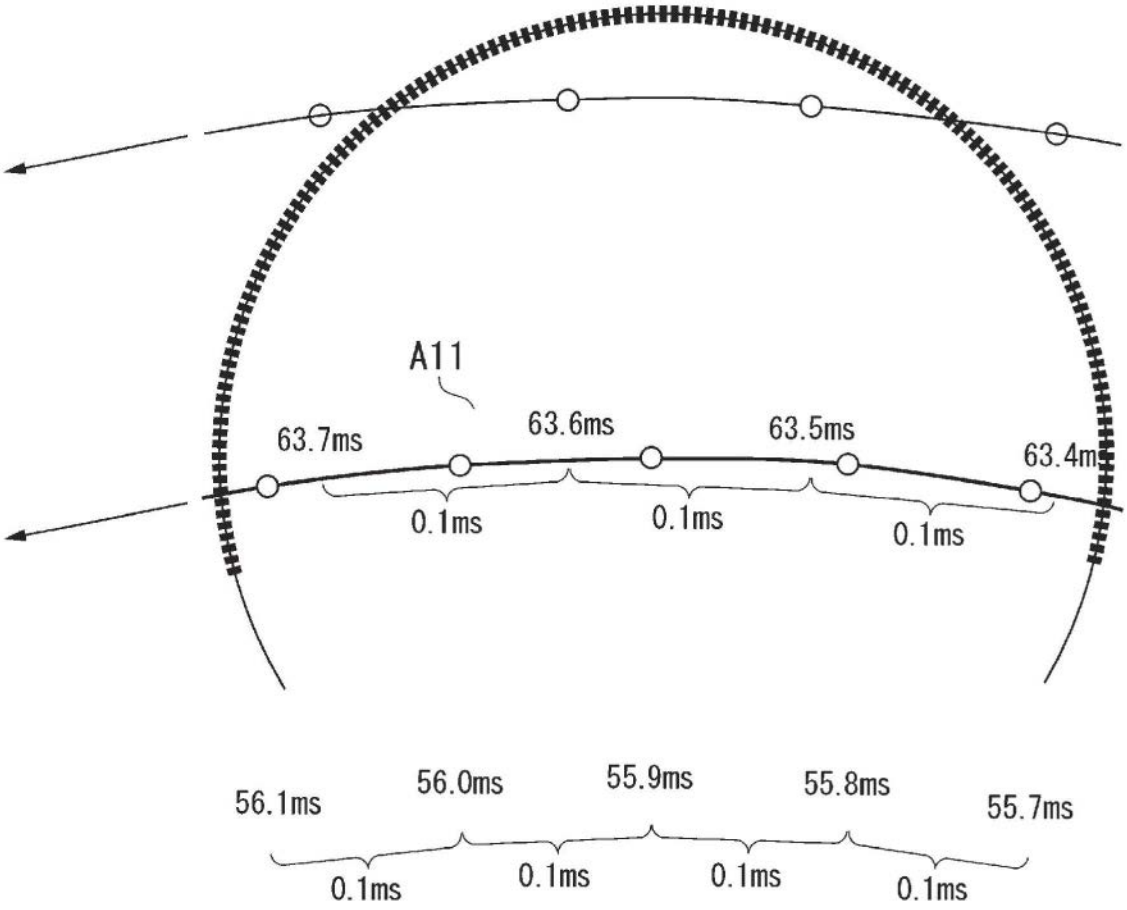

A11
63.7ms
63.6ms
63.5ms
63.4ms
0.1ms
0.1ms
0.1ms
56.1ms
56.0ms
55.9ms
55.8ms
55.7ms
0.1ms
0.1ms
0.1ms
0.1ms

图14

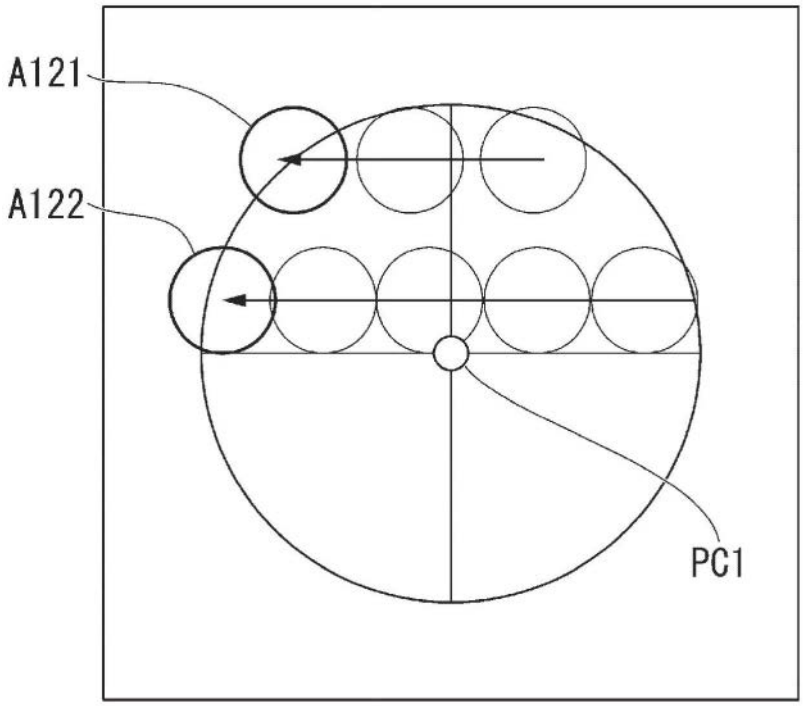

A121
A122
PC1

图15

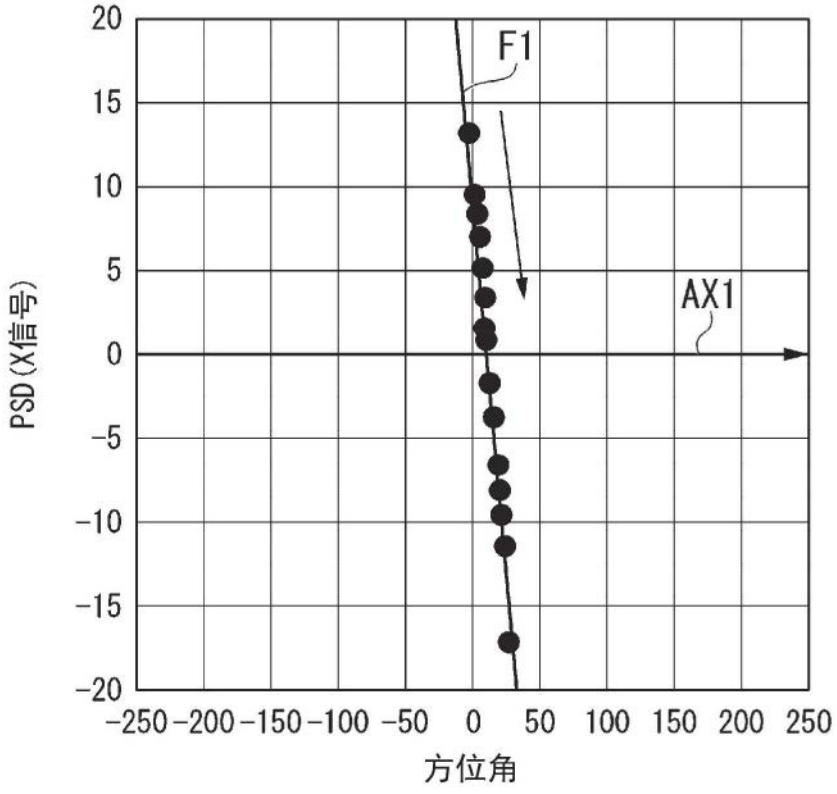

20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
F1
AX1
PSD(X信号)
-250 -200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200 250
方位角

图16

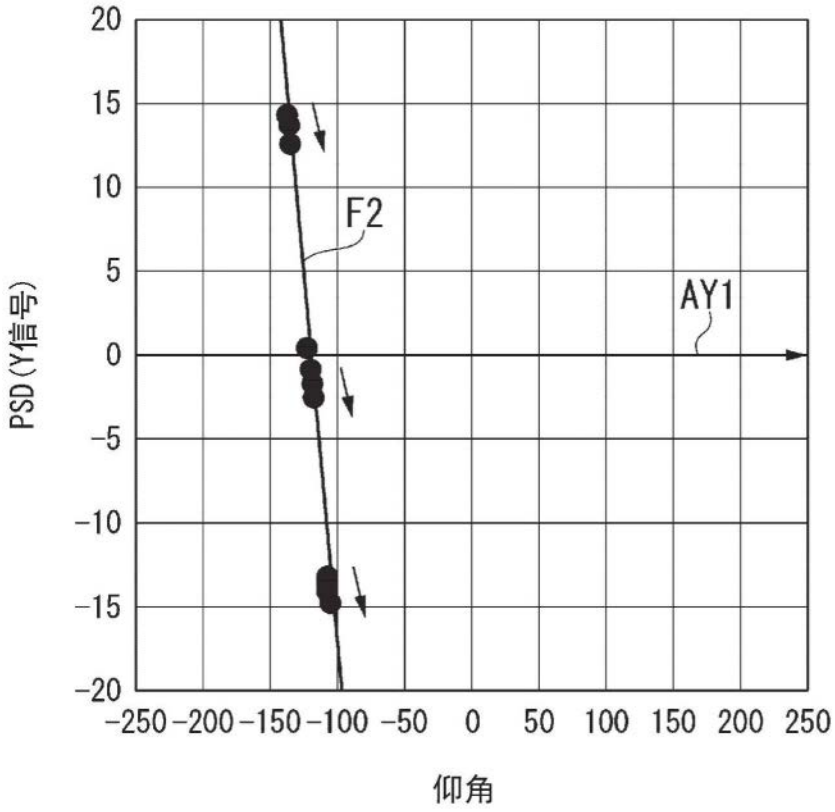

20
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
-250 -200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200 250
PSD(Y信号)
仰角
F2
AY1

图17

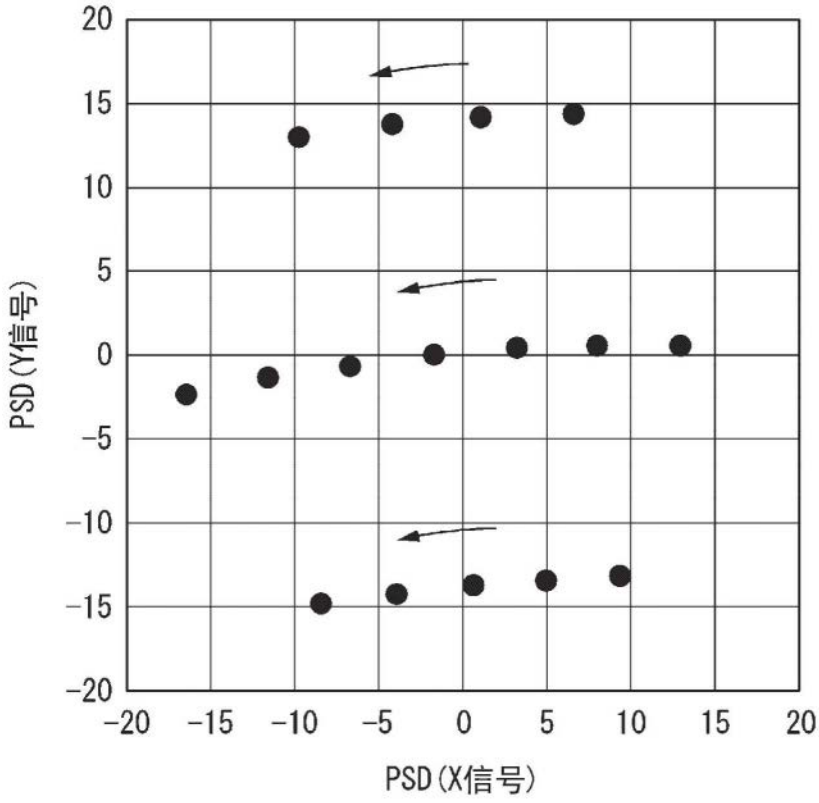


图18

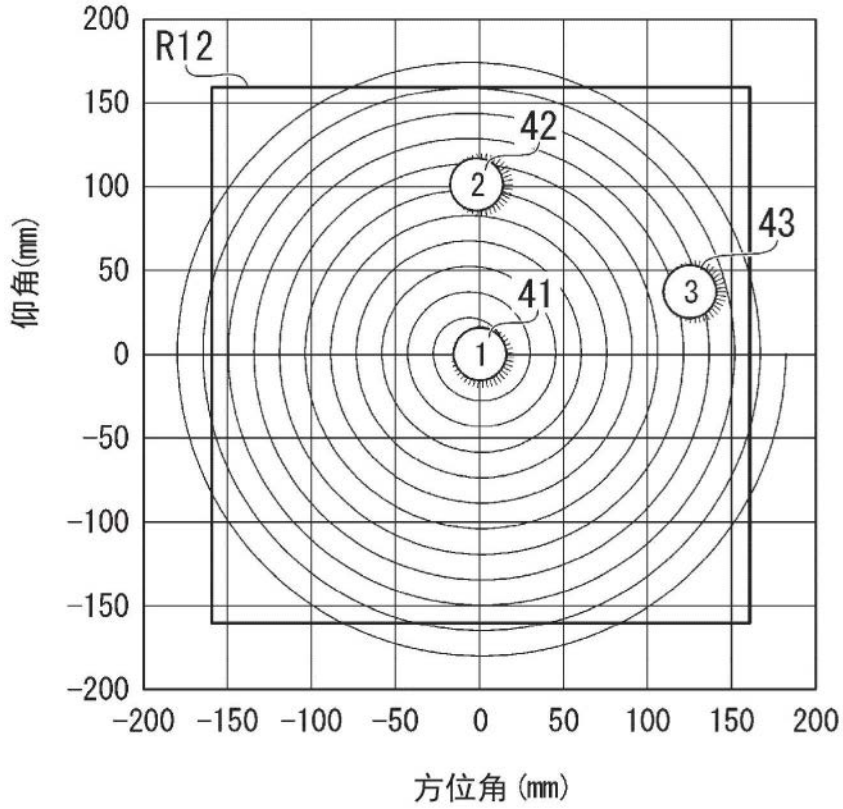

R12
42
43
41
1
2
3
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
仰角(mm)
方位角(mm)

图19

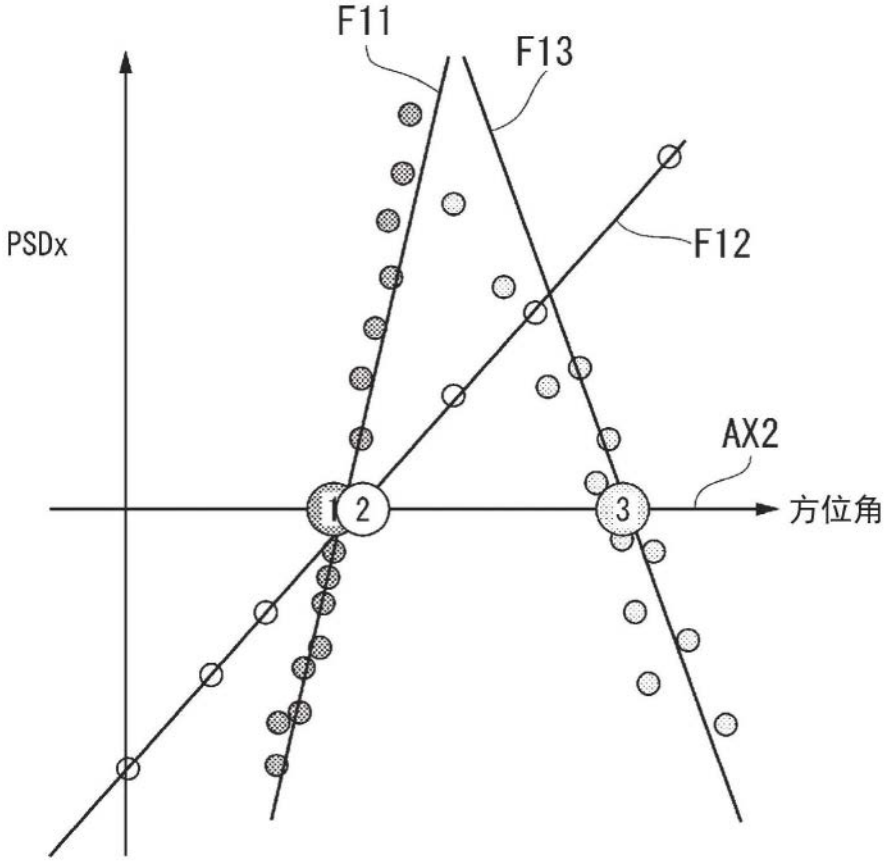


图20

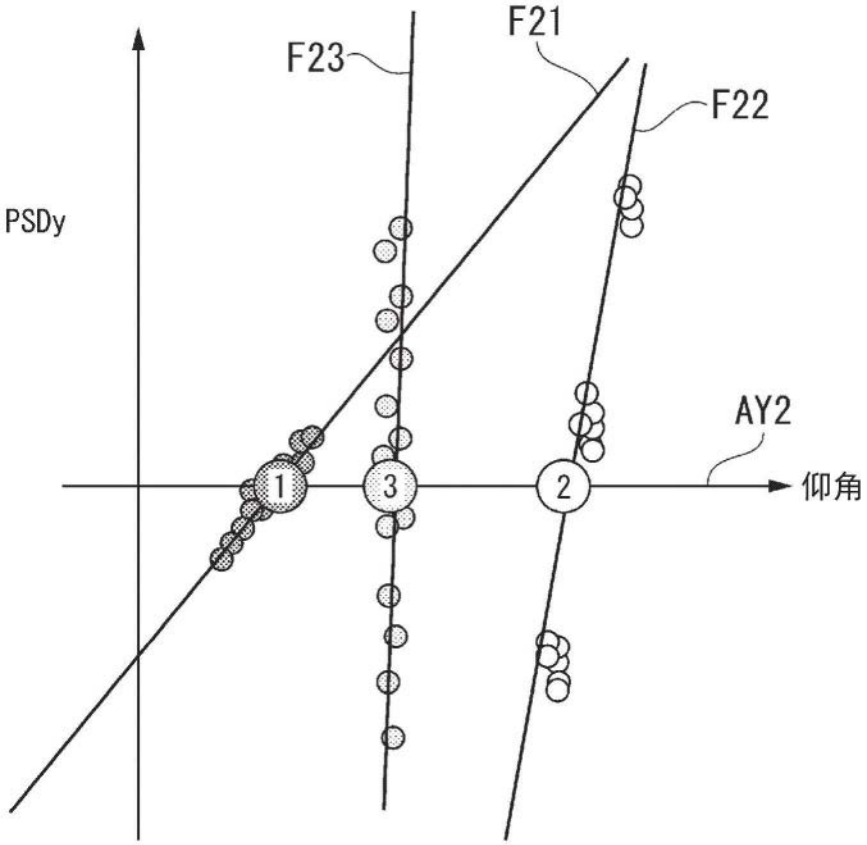


图21

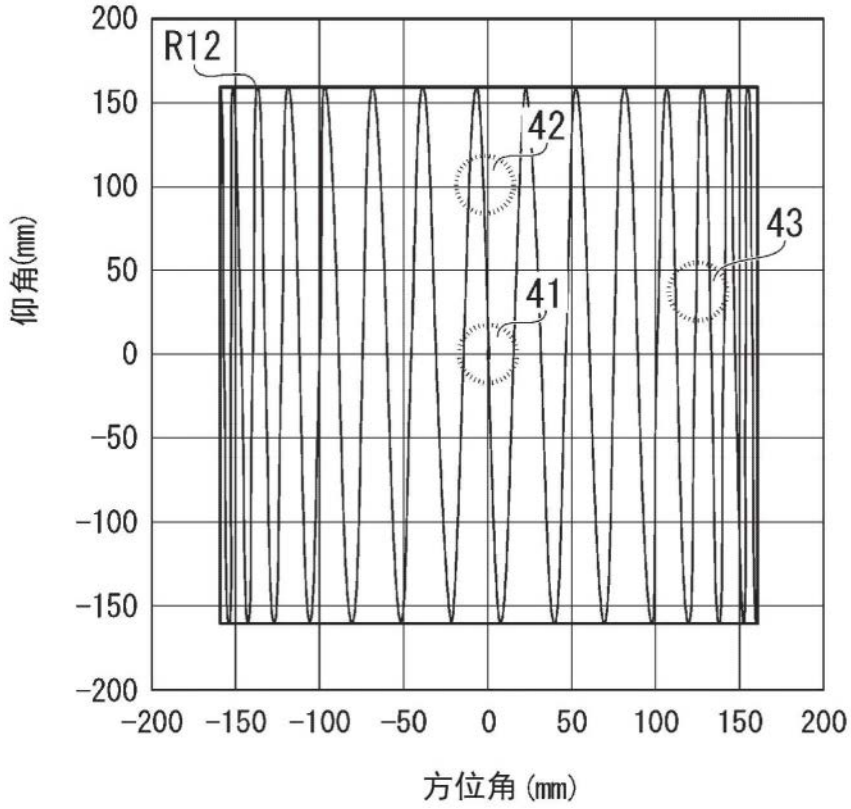

R12
42
43
41
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
仰角(mm)
方位角(mm)

图22

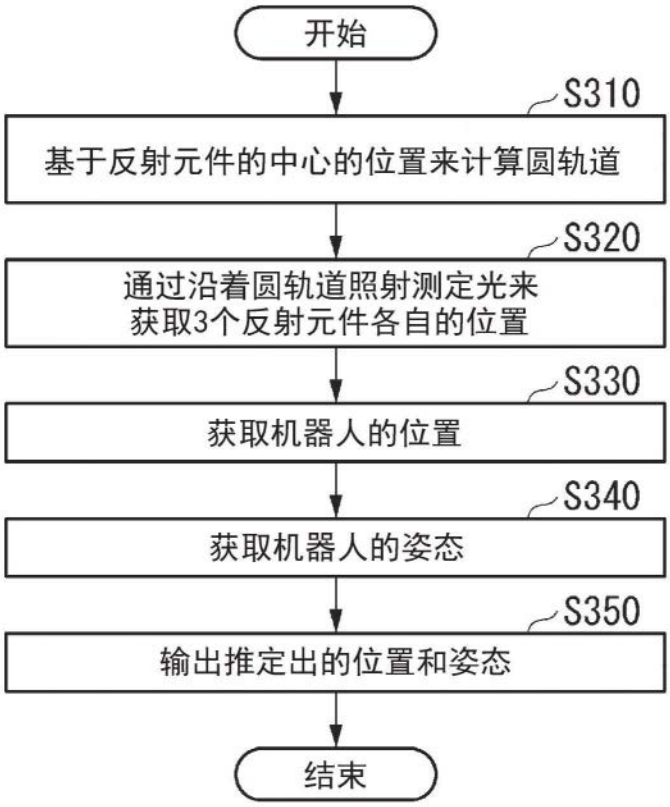

开始
S310
基于反射元件的中心的位置来计算圆轨道
S320
通过沿着圆轨道照射测定光来
获取3个反射元件各自的位置
S330
获取机器人的位置
S340
获取机器人的姿态
S350
输出推定出的位置和姿态
结束

图23

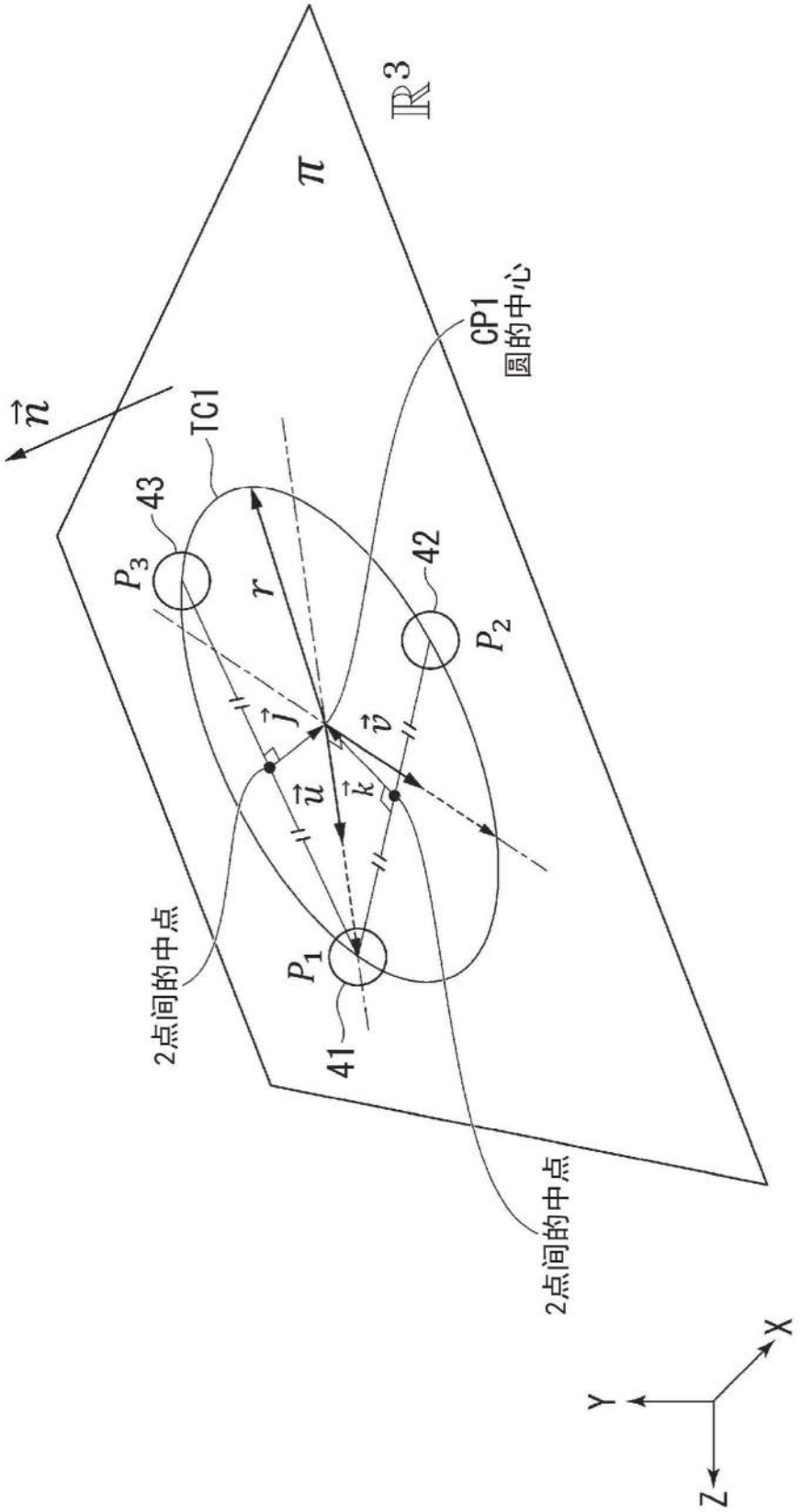

$\mathbb{R}^3$
π
$\vec{n}$
TC1
CP1
圆的中心
43
42
41
P_1
P_2
P_3
r
$\vec{j}$
$\vec{u}$
$\vec{v}$
k
2点间的中点
2点间的中点
X
Y
Z

图24

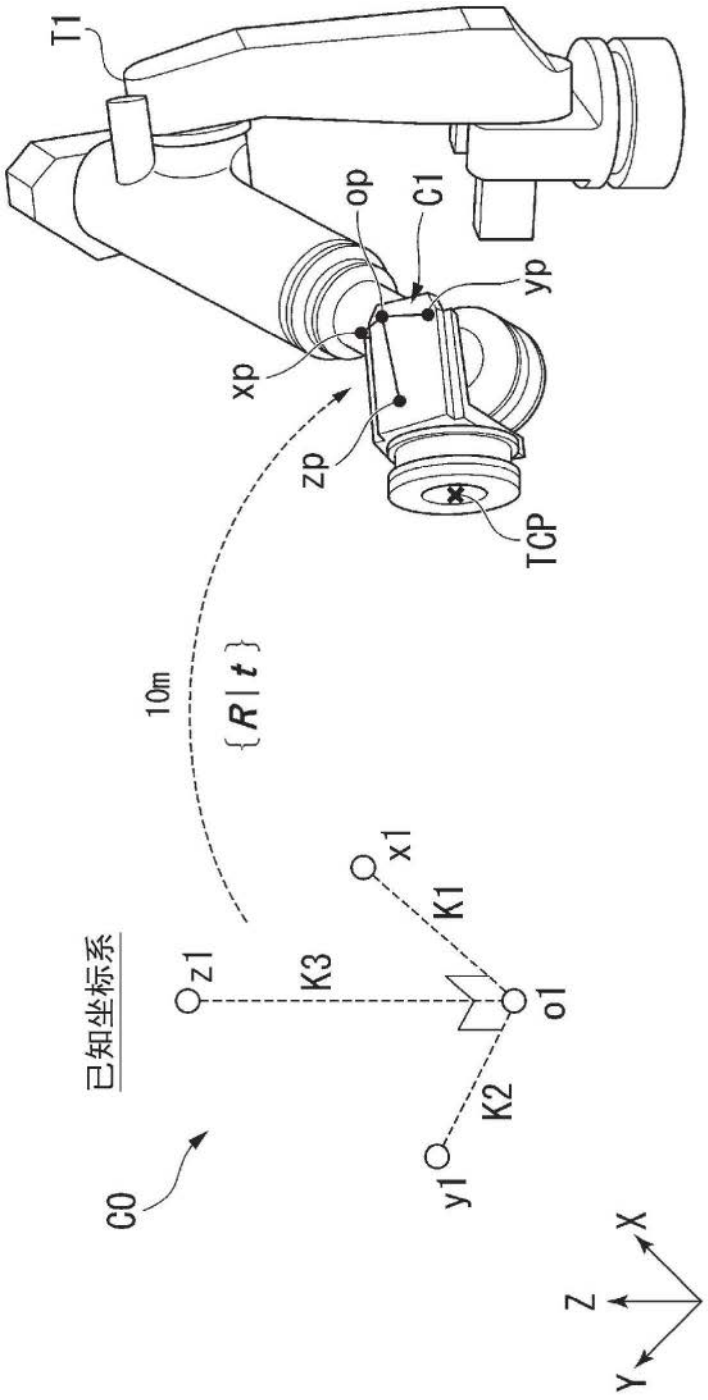


图25

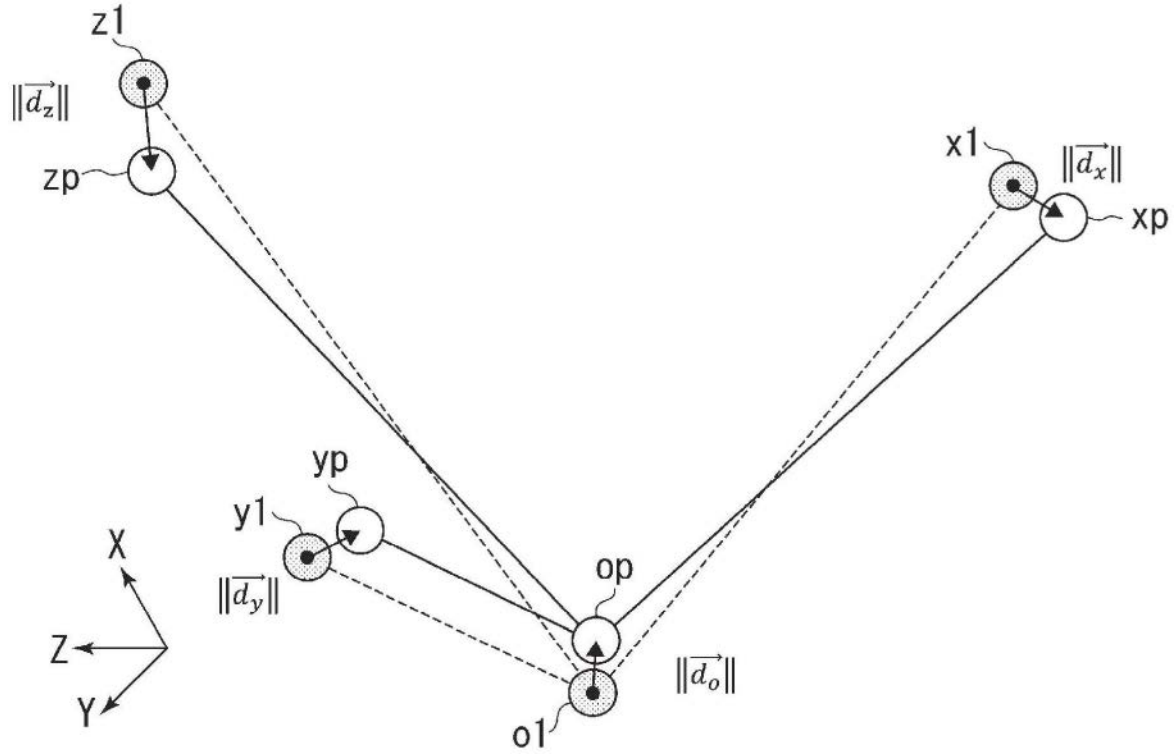

z1
$\|\overrightarrow{d_z}\|$
zp
x1
$\|\overrightarrow{d_x}\|$
xp
yp
y1
$\|\overrightarrow{d_y}\|$
op
$\|\overrightarrow{d_o}\|$
o1
X
Z
Y

图26

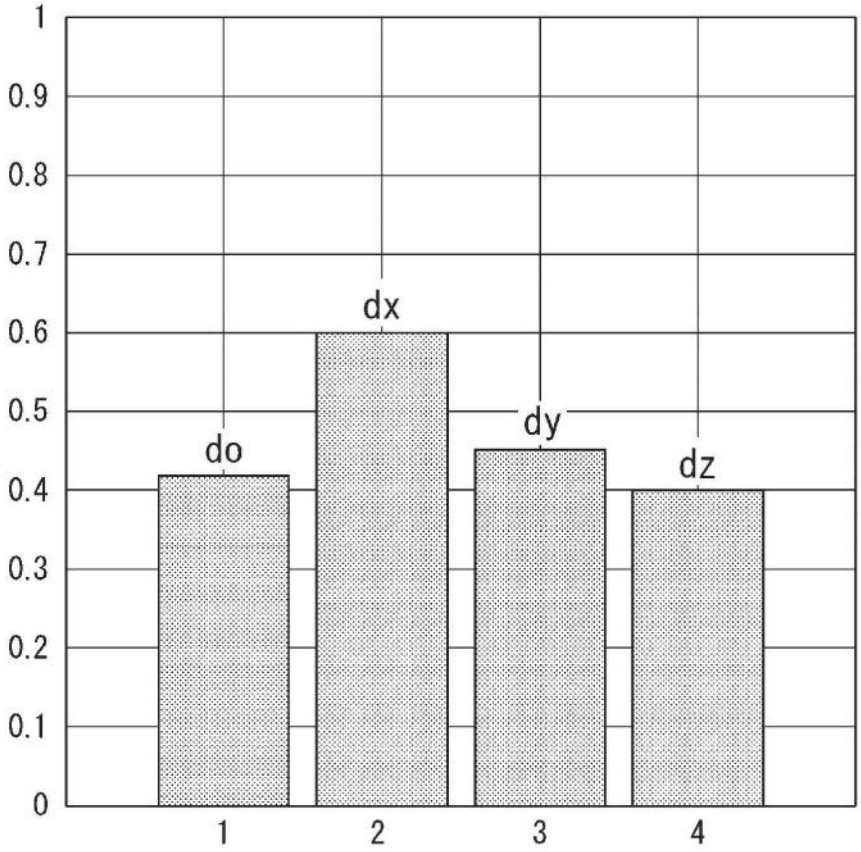


图27

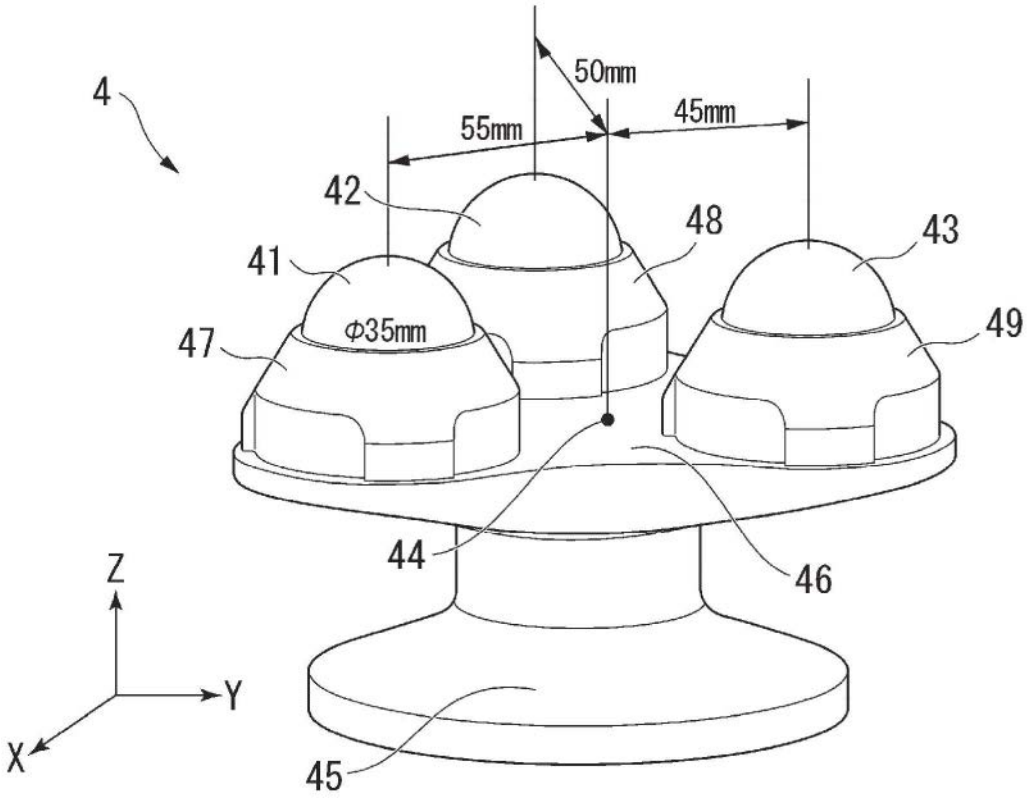

4
50mm
55mm
45mm
42
48
43
41
φ35mm
49
47
44
46
Z
Y
X
45

图28

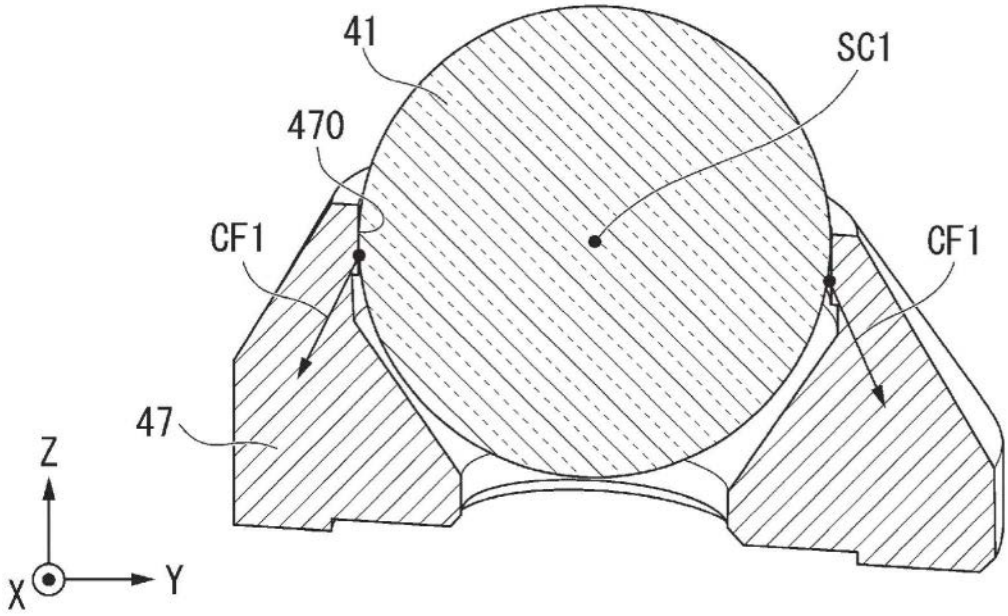

41
SC1
470
CF1
CF1
47
Z
X
Y

图29

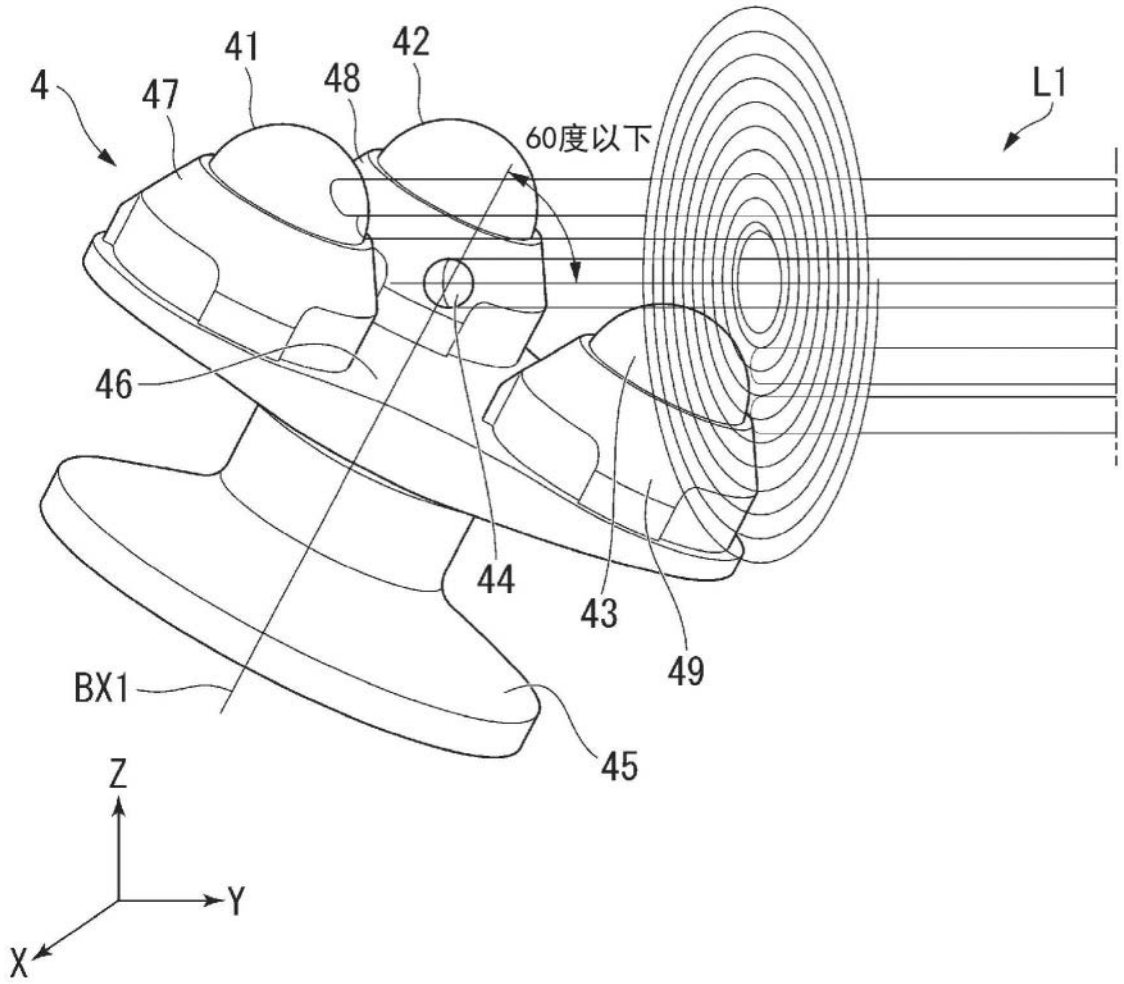


图30

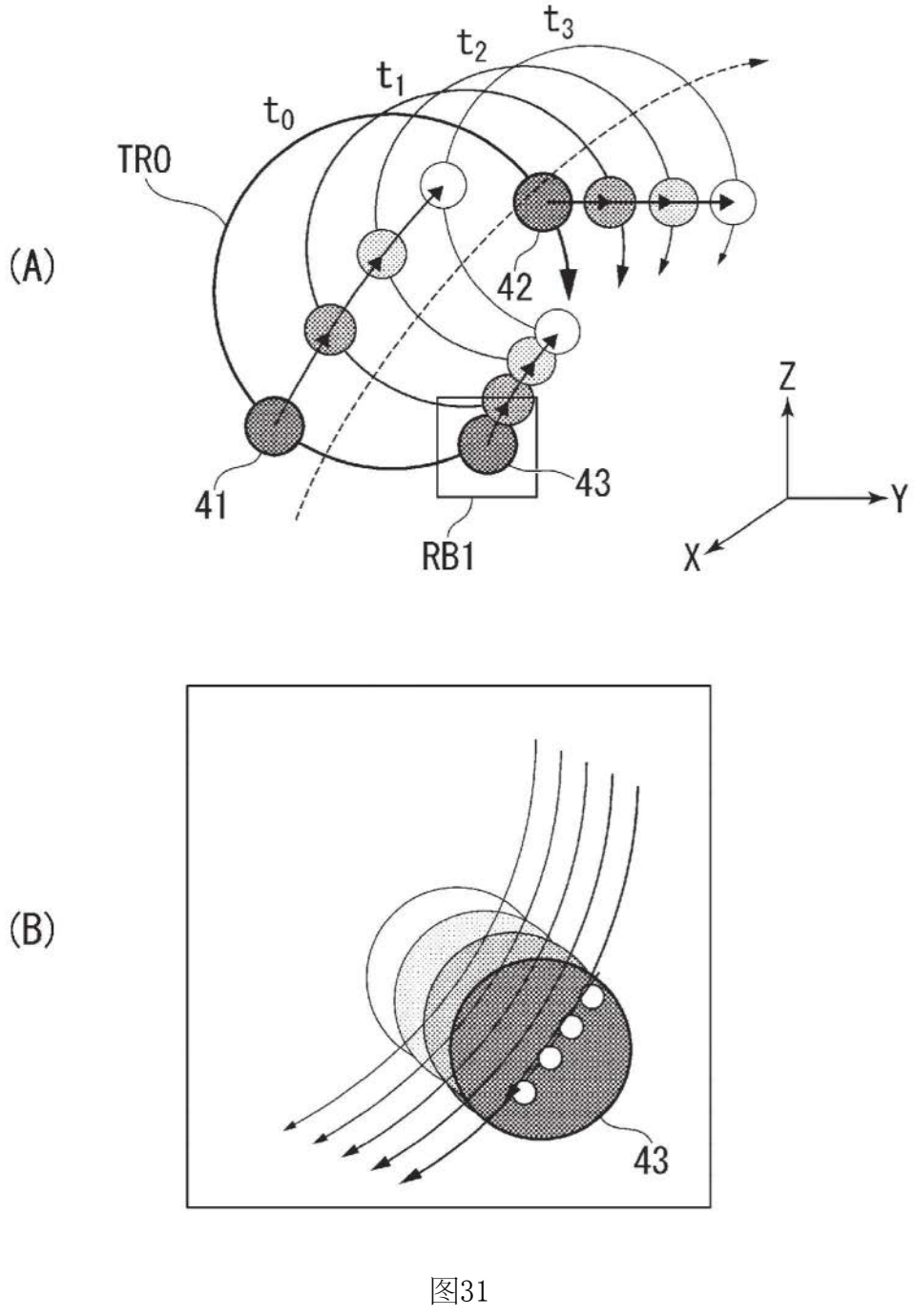


图31

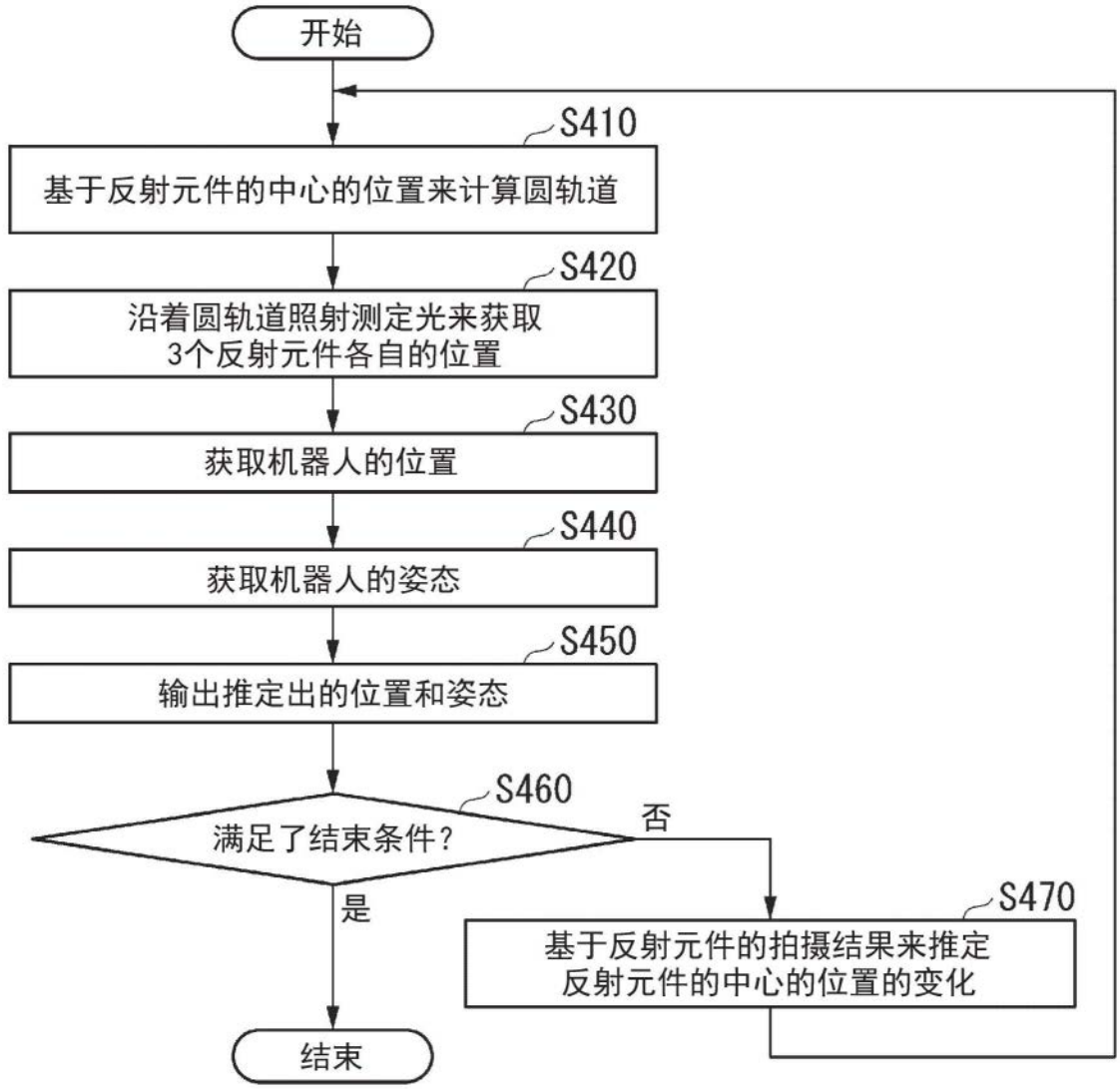

开始
S410
基于反射元件的中心的位置来计算圆轨道
S420
沿着圆轨道照射测定光来获取
3个反射元件各自的位置
S430
获取机器人的位置
S440
获取机器人的姿态
S450
输出推定出的位置和姿态
S460
满足了结束条件？
否
是
S470
基于反射元件的拍摄结果来推定
反射元件的中心的位置的变化
结束

图32