



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110870720 B

(45) 授权公告日 2023.02.17

(21) 申请号 201910807334.2

(22) 申请日 2019.08.29

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110870720 A

(43) 申请公布日 2020.03.10

(30) 优先权数据
16/120,993 2018.09.04 US

(73) 专利权人 艾罗伯特公司
地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 A·格里琴科 E·斯科姆博
J·R·萨尔瓦蒂 J·王
J·J·道里奇 S·科德尔
T·S·加纳卡帕利
Z·普希亚拉基斯

(74) 专利代理机构 北京市君合律师事务所
11517

专利代理师 毛健 顾云峰

(51) Int.Cl.
A47L 11/24 (2006.01)
A47L 11/40 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2016299503 A1, 2016.10.13
US 2015166060 A1, 2015.06.18
JP 2016002453 A, 2016.01.12
CN 106572776 A, 2017.04.19
CN 206924042 U, 2018.01.26

审查员 徐晓梅

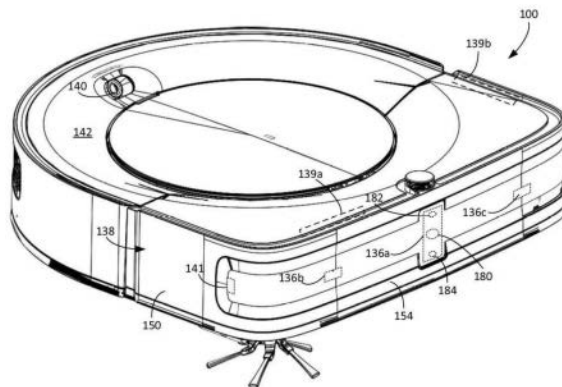
权利要求书6页 说明书25页 附图20页

(54) 发明名称

自主移动机器人的导航

(57) 摘要

一种自主清洁机器人,包括控制器,所述控制器被配置成执行指令以执行一个或多个操作。所述一个或多个操作包括:操作驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的侧表面面向所述第一障碍物表面,随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向,从而使得所述清洁机器人的所述侧表面面向第二障碍物表面,随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动,以及随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动。



1. 一种自主清洁机器人,包括:

前部,其具有沿前平面延伸的前表面、沿第一侧平面延伸的第一侧表面,以及沿第二侧平面延伸的第二侧表面,所述前平面垂直于所述第一侧平面和所述第二侧平面;

驱动系统,其被配置成将所述清洁机器人支撑在地板表面上;

清洁入口,其位于所述清洁机器人的中心前方并且沿所述清洁机器人的所述前部位于所述第一侧表面和所述第二侧表面之间,所述清洁入口被配置成将来自所述地板表面的碎屑收集到所述清洁机器人内;以及

控制器,其被配置成执行指令以执行操作,所述操作包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第一障碍物表面,

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向,从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向第二障碍物表面,所述第二障碍物表面邻近所述第一障碍物表面且相对于所述第一障碍物表面成角度,

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动,以及

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动。

2. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿包括弧形部分的轨迹移动。

3. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其中:

所述清洁机器人进一步包括障碍物跟随传感器,所述障碍物跟随传感器位于沿所述清洁机器人的所述第一侧表面的位置处,

所述操作进一步包括:

利用所述障碍物跟随传感器,检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方,并且

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:

响应于检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向。

4. 根据权利要求3所述的清洁机器人,其中所述障碍物跟随传感器被定位成沿垂直于所述清洁机器人的所述第一侧表面的水平方向发射信号。

5. 根据权利要求3所述的清洁机器人,其中检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方包括:

检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方至少1厘米至15厘米的距离处。

6. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向直到所述清洁机器人检测到所述第二障

碍物表面。

7. 根据权利要求6所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括:

利用所述清洁机器人的碰撞传感器,响应于所述清洁机器人与所述第二障碍物表面之间的接触,检测到所述第二障碍物表面。

8. 根据权利要求6所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括:

利用所述清洁机器人的障碍物跟随传感器,响应于所述清洁机器人的所述第一侧表面邻近于所述第二障碍物表面,检测到所述第二障碍物表面。

9. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿清洁路径移动,所述清洁路径并不经过所述地板表面中从所述第一障碍物表面和所述第二障碍物表面之间的交界面近侧并沿所述第二障碍物表面延伸的部分。

10. 根据权利要求9所述的清洁机器人,其中所述地板表面中所述部分的长度为至少1厘米。

11. 根据权利要求9所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后方向移动穿过所述地板表面的所述部分。

12. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向移动一定距离。

13. 根据权利要求12所述的清洁机器人,其中所述距离为1厘米至60厘米。

14. 根据权利要求12所述的清洁机器人,其中:

所述清洁机器人进一步包括障碍物跟随传感器,其位于沿所述清洁机器人的所述第一侧表面的位置处,

所述操作进一步包括:

利用所述障碍物跟随传感器,检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第二障碍物表面的后方,并且

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:

响应于检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第二障碍物表面的后方,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动。

15. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第二障碍物表面并使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动,从而使得所述清洁机器人的所述向前驱动方向相对于所述第二障碍物表面成角度,并且使得所述清洁机器人的所述第一侧表面随着所述清洁机器

人朝所述向前驱动方向移动而移动远离所述第二障碍物表面。

16. 根据权利要求15所述的清洁机器人,其中:

所述清洁机器人进一步包括障碍物跟随传感器,其位于沿所述清洁机器人的所述第一侧表面位置处,

所述操作进一步包括,利用所述障碍物跟随传感器,检测所述第二障碍物表面,并且

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第二障碍物表面并使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动,从而使得所述清洁机器人的所述向前驱动方向相对于所述第二障碍物表面成角度,并且使得所述清洁机器人的所述第一侧表面随着所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动而移动远离所述第二障碍物表面包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到检测到所述第二障碍物表面。

17. 根据权利要求15所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第二障碍物表面并使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动,从而使得所述清洁机器人的所述向前驱动方向相对于所述第二障碍物表面成角度,并且使得所述清洁机器人的所述第一侧表面随着所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动而移动远离所述第二障碍物表面包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动一定距离。

18. 根据权利要求17所述的清洁机器人,其中所述距离为所述清洁机器人的长度的50%至150%。

19. 根据权利要求15所述的清洁机器人,其中所述操作进一步包括:

响应于检测到所述第二障碍物表面,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第二障碍物表面转向,以及

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿所述第二障碍物表面移动。

20. 根据权利要求1所述的清洁机器人,其进一步包括邻近于所述清洁入口的可旋转清洁构件,所述可旋转清洁构件在所述清洁机器人的所述前部上水平地延伸并且可以围绕水平轴线旋转以朝向所述清洁入口移动碎屑。

21. 根据权利要求20所述的清洁机器人,其中所述可旋转清洁构件在所述清洁机器人的总宽度的75%至95%之间延伸。

22. 一种自主清洁机器人,包括:

前部,其具有沿前平面延伸的前表面、沿第一侧平面延伸的第一侧表面,以及沿第二侧平面延伸的第二侧表面,所述前平面垂直于所述第一侧平面和所述第二侧平面;

驱动系统,其被配置成将所述清洁机器人支撑在地板表面上;

清洁入口,其位于所述清洁机器人的中心前方并且沿所述清洁机器人的所述前部位于所述第一侧表面和所述第二侧表面之间,所述清洁入口被配置成将来自所述地板表面的碎屑收集到所述清洁机器人内;以及

控制器,其被配置成执行指令以执行操作,所述操作包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第一障碍物表面,

随后操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行一系列的移动,所述一系列

的移动包括：

朝向后驱动方向沿所述第一障碍物表面移动一定距离，

随后转向远离所述第一障碍物表面直到所述清洁机器人检测到第二障碍物表面与所述清洁机器人的所述前表面之间的接触，所述第二障碍物表面邻近于所述第一障碍物表面并且相对于所述第一障碍物表面成角度，并且

随后转向回到朝向所述第一障碍物表面，以及

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动，同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面。

23. 根据权利要求22所述的清洁机器人，其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第一障碍物表面移动，同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第一障碍物表面包括：

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面。

24. 根据权利要求23所述的清洁机器人，其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括：

利用所述清洁机器人的碰撞传感器，响应于所述第二障碍物表面与所述清洁机器人之间的接触，检测到所述第二障碍物表面。

25. 根据权利要求23所述的清洁机器人，其中所述操作进一步包括：

响应于检测到所述第二障碍物表面，操作所述驱动系统以保持所述清洁机器人的位置至少一至五秒。

26. 根据权利要求25所述的清洁机器人，其进一步包括侧刷，所述侧刷邻近所述清洁机器人的所述前表面并邻近所述清洁机器人的所述第一侧表面，

其中响应于检测到所述第二障碍物表面，操作所述驱动系统以保持所述清洁机器人的位置至少一至五秒包括：

操作所述驱动系统以将所述地板表面中邻近所述第一障碍物表面和所述第二障碍物表面之间交界面的部分保持在所述侧刷的清洁区域内。

27. 根据权利要求23所述的清洁机器人，其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括：

朝向所述第二障碍物表面发射信号，以及

通过利用相机检测所述信号的反射来检测所述第二障碍物表面。

28. 根据权利要求22所述的清洁机器人，其中所述距离为2厘米至15厘米。

29. 根据权利要求22所述的清洁机器人，其中操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行一系列的移动包括：

操作所述驱动系统以促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动至少两次至五次。

30. 根据权利要求22所述的清洁机器人，其中操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动包括：

操作所述驱动系统以促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动直到所述清洁机器人的所述向前驱动方向与所述第一障碍物表面形成一定角度。

31. 根据权利要求30所述的清洁机器人，其中所述角度为至少30度至60度。

32. 根据权利要求22所述的清洁机器人,其进一步包括侧刷,所述侧刷邻近所述清洁机器人的所述前表面并邻近所述清洁机器人的所述第一侧表面,

其中操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动包括:

促使所述侧刷穿越所述地板表面中沿所述第二障碍物表面从所述第一障碍物表面和所述第二障碍物表面之间交界面的近侧延伸的区域。

33. 根据权利要求32所述的清洁机器人,其中促使所述侧刷穿越所述地板表面的所述区域包括:

在每次所述清洁机器人转向远离所述第一障碍物表面直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面与所述清洁机器人之间的接触时,促使所述侧刷的清洁区域穿越所述地板表面中所述区域的不同部分。

34. 根据权利要求22所述的清洁机器人,其中所述清洁机器人的所述一系列移动进一步包括,在转向回到朝向所述第一障碍物表面之后,使所述清洁机器人转向远离所述第一障碍物表面。

35. 一种自主清洁机器人,包括:

前部,其具有沿前平面延伸的前表面、沿第一侧平面延伸的第一侧表面,以及沿第二侧平面延伸的第二侧表面,所述前平面垂直于所述第一侧平面和所述第二侧平面;

驱动系统,其被配置成将所述清洁机器人支撑在地板表面上;

清洁入口,其位于所述清洁机器人的中心前方并且沿所述清洁机器人的所述前部位于所述第一侧表面和所述第二侧表面之间,所述清洁入口被配置成将来自所述地板表面的碎屑收集到所述清洁机器人内;以及

控制器,其被配置成执行指令以执行操作,所述操作包括:

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动直到所述清洁机器人检测到第二障碍物表面与所述清洁机器人之间的接触,所述第一障碍物表面位于距第三障碍物表面不超过所述清洁机器人的总宽度的100%至150%的距离处,

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿向后驱动方向远离所述第二障碍物表面,

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向并且随后远离所述第一障碍物表面,以及

随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向沿所述第一障碍物表面移动。

36. 根据权利要求35所述的清洁机器人,其进一步包括传感器系统,所述传感器系统被配置成生成所述地板表面的地图,

其中所述操作进一步包括,基于所述地图确定所述第一障碍物表面与所述第三障碍物表面之间的距离为所述清洁机器人的总宽度的100%至150%,并且

其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物转向并且随后远离所述第一障碍物表面包括:

响应于确定所述距离为所述清洁机器人的所述总宽度的100%至150%,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物转向并且随后远离所述第一障碍物表面。

37. 根据权利要求35所述的清洁机器人,其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人

朝向所述第一障碍物表面转向并且随后远离所述第一障碍物表面包括：

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向直到所述清洁机器人的碰撞传感器检测到所述清洁机器人与所述第一障碍物表面之间的接触。

38. 根据权利要求37所述的清洁机器人，其中操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向并且随后远离所述第一障碍物表面包括：

操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第一障碍物表面直到所述清洁机器人的碰撞传感器不再检测到所述清洁机器人与所述第一障碍物表面之间的接触。

自主移动机器人的导航

技术领域

[0001] 本说明书涉及自主移动机器人的导航。

背景技术

[0002] 自主移动机器人可以穿越地板表面来执行各种操作,例如清洁、吸尘以及其它操作。在自主移动机器人穿越地板表面时,机器人可能遇到障碍物。机器人可以被导航为沿着障碍物移动。如果机器人是清洁机器人,当机器人沿着障碍物移动时,机器人可以清洁地板表面中与障碍物相邻的部分。

发明内容

[0003] 本公开中所述特征的优点可以包括但不限于以下所述以及本文其它地方所述的优点。本文中所述的系统、装置、方法以及其它特征可以提高自主清洁机器人清洁地板表面的能力。

[0004] 在一些实施方式中,本文中所述的自主清洁机器人可以提供对地板表面中与所述自主清洁机器人正在运行的环境中的障碍物相邻的部分的清洁。例如,自主清洁机器人可以按照以下方式沿地板表面导航,即使得所述机器人的清洁路径基本上覆盖地板表面中与障碍物表面相邻的部分的全部。所述机器人可以被导航为覆盖所述地板表面中与拐角几何形状以及障碍物表面之间其它交界面相邻的部分。所述机器人可以由此围绕房间的复杂几何形状导航并且能够清洁地板表面中与这些复杂几何形状相邻的区域。

[0005] 在一些实施方式中,本文中所述的自主清洁机器人可以提供针对地板表面中由于相邻障碍物而具有狭窄宽度的部分的改进的清洁。例如,自主清洁机器人可以被导航到地板表面中具有狭窄宽度(例如,机器人总宽度100%至300%的宽度)的部分来内清洁所述地板表面中的该部分。所述机器人可以清洁所述地板表面的该部分并且能够被导航离开所述地板表面的该部分返回到所述地板表面中并不具有狭窄宽度的部分内。就这一点而言,所述机器人可以容易地清洁狭窄的走廊、裂缝或者房间的其它特征而不会卡在这些区域中。

[0006] 在一个方面,一种自主清洁机器人,包括:前部,其具有沿前平面延伸的前表面、沿第一侧平面延伸的第一侧表面,以及沿第二侧平面延伸的第二侧表面。所述前平面垂直于所述第一侧平面和所述第二侧平面。所述机器人包括驱动系统和清洁入口,所述驱动系统被配置成将所述清洁机器人支撑在地板表面上,所述清洁入口位于所述清洁机器人的中心前方并且沿所述清洁机器人的所述前部位于所述第一侧表面和所述第二侧表面之间。所述清洁入口被配置成将来自所述地板表面的碎屑收集到所述清洁机器人内。所述机器人包括控制器,其被配置成执行指令以执行一个或多个操作。所述一个或多个操作包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第一障碍物表面,随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向,从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向第二障碍物表面,随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动,以及随后操作

所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动。

[0007] 实施方式可以包括以下和本文中其它地方所描述的示例。

[0008] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿包括弧形部分的轨迹移动。

[0009] 在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括障碍物跟随传感器,其位于沿所述清洁机器人的所述第一侧表面的位置处,所述一个或多个操作进一步包括:利用所述障碍物跟随传感器,检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方,并且操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:响应于检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向。在一些实施方式中,所述障碍物跟随传感器被定位成沿垂直于所述清洁机器人的所述第一侧表面的水平方向发射信号。在一些实施方式中,检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方包括:检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第一障碍物表面的前方至少1厘米至15厘米的距离处。

[0010] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括:利用所述清洁机器人的碰撞传感器,响应于清洁机器人与第二障碍物表面之间的接触,检测到所述第二障碍物表面。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括:利用所述清洁机器人的所述障碍物跟随传感器,响应于所述清洁机器人的所述第一侧表面邻近于所述第二障碍物表面,检测到所述第二障碍物表面。

[0011] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向从而使得所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿清洁路径移动,所述清洁路径并不经过所述地板表面中从所述第一障碍物表面和所述第二障碍物表面之间的交界面近侧并沿所述第二障碍物表面延伸的部分。在一些实施方式中,所述地板表面中所述部分的长度为至少1厘米。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后方向移动穿过所述地板表面的所述部分。

[0012] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向移动一定距离。在一些实施方式中,所述距离为1厘米至60厘米。在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括障碍物跟随传感器,其位于沿所述清洁机器人的所述第一侧表面的位置处,所述一个或多个操作进一步包括:利用所述障碍物跟随传感器,检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第二障碍物表面的后方,并且操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:响应于检测到所述障碍物跟随传感器的所述位置位于所述第二障碍物表面的后方,操作所述驱动系统以使所述

清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动。

[0013] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第二障碍物表面移动包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第二障碍物表面并使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动,从而使得所述清洁机器人的所述向前驱动方向相对于所述第二障碍物表面成角度,并且使得所述清洁机器人的所述第一侧表面随着所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动而移动远离所述第二障碍物表面。在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括障碍物跟随传感器,其位于沿所述清洁机器人的所述第一侧表面的位置处,所述一个或多个操作进一步包括:利用所述障碍物跟随传感器检测所述第二障碍物表面,以及操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第二障碍物表面并使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动,从而使得所述清洁机器人的所述向前驱动方向相对于所述第二障碍物表面成角度,并且使得所述清洁机器人的所述第一侧表面随着所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动而移动远离所述第二障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到检测到所述第二障碍物表面。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第二障碍物表面并使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动,从而使得所述清洁机器人的所述向前驱动方向相对于所述第二障碍物表面成角度,并且使得所述清洁机器人的所述第一侧表面随着所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动而移动远离所述第二障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动一定距离。在一些实施方式中,所述距离为所述清洁机器人的长度的50%至150%。在一些实施方式中,所述一个或多个操作进一步包括:响应于检测到所述第二障碍物表面,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第二障碍物表面转向,并且随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿所述第二障碍物表面移动。

[0014] 在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括邻近所述清洁入口的可旋转清洁构件,所述可旋转清洁构件在所述清洁机器人的所述前部上水平地延伸并且可以围绕水平轴线旋转以朝向所述清洁入口移动碎屑。在一些实施方式中,所述可旋转清洁构件在所述清洁机器人的总宽度的75%至95%之间延伸。

[0015] 在另一个方面,一种自主清洁机器人,包括,前部,其具有沿前平面延伸的前表面、沿第一侧平面延伸的第一侧表面,以及沿第二侧平面延伸的第二侧表面。所述前平面垂直于所述第一侧平面和所述第二侧平面。所述清洁机器人包括驱动系统和清洁入口,所述驱动系统被配置成将所述清洁机器人支撑在地板表面上,所述清洁入口位于所述清洁机器人的中心前方并且沿所述清洁机器人的所述前部位于所述第一侧表面和所述第二侧表面之间。所述清洁入口被配置成将来自所述地板表面的碎屑收集到所述清洁机器人内。所述清洁机器人包括控制器,其被配置成执行指令以执行一个或多个操作。所述一个或多个操作包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第一障碍物表面,随后操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行一系列的移动,并且随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿第二障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的所述第一侧表面面向所述第二障碍物表面。所述一系列的移动包括:朝向后驱动方向沿所述第一障碍物表面移动一定距离,随后转向远离所述第一障碍物表面直到所述清洁机器人检测到第二障

碍物表面与所述清洁机器人的所述前表面之间的接触,并且随后转向回到朝向所述第一障碍物表面。所述第二障碍物表面邻近于所述第一障碍物表面并且相对于所述第一障碍物表面成角度。

[0016] 实施方式可以包括以下和本文中其他地方所描述的示例。

[0017] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向沿所述第一障碍物表面移动,同时所述清洁机器人的所述第一侧面面向所述第一障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括:利用所述清洁机器人的碰撞传感器,响应于所述第二障碍物表面与所述清洁机器人之间的接触,检测到所述第二障碍物表面。在一些实施方式中,所述一个或多个操作进一步包括:响应于检测到所述第二障碍物表面,操作所述驱动系统以保持所述清洁机器人的位置至少一至五秒。在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括侧刷,所述侧刷邻近所述清洁机器人的所述前表面并邻近所述清洁机器人的所述第一侧面,并且响应于检测到所述第二障碍物表面,操作所述驱动系统以保持所述清洁机器人的位置至少一秒至五秒包括:操作所述驱动系统以将所述地板表面中邻近于所述第一障碍物表面和所述第二障碍物表面之间的交界面的部分保持在所述侧刷的清洁区域内。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向前驱动方向移动直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面包括:朝向所述第二障碍物表面发射信号,并且通过利用相机检测所述信号的反射来检测所述第二障碍物表面。

[0018] 在一些实施方式中,所述距离为2厘米至15厘米。

[0019] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行一系列的移动包括:操作所述驱动系统以促使所述清洁机器人执行一系列的移动至少两次至五次。

[0020] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动包括:操作所述驱动系统以促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动直到所述清洁机器人的所述向前驱动方向与所述第一障碍物表面形成一定角度。在一些实施方式中,所述角度为至少30度至60度。

[0021] 在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括侧刷,所述侧刷邻近所述清洁机器人的所述前表面并邻近所述清洁机器人的所述第一侧面,并且操作所述驱动系统以重复地促使所述清洁机器人执行所述一系列的移动包括:促使所述侧刷穿越所述地板表面中沿所述第二障碍物表面从所述第一障碍物表面和所述第二障碍物表面之间交界面的近侧延伸的区域。在一些实施方式中,促使所述侧刷穿越所述地板表面的所述区域包括在每次所述清洁机器人转向远离所述第一障碍物表面直到所述清洁机器人检测到所述第二障碍物表面与清洁机器人之间的接触时,促使所述侧刷的所述清洁区域穿越所述地板表面中所述区域的不同部分。

[0022] 在一些实施方式中,所述清洁机器人的所述一系列移动进一步包括,在转向回到朝向所述第一障碍物表面之后,使所述清洁机器人转向远离所述第一障碍物表面。

[0023] 在另一个方面,一种自主清洁机器人,包括,前部,其具有沿前平面延伸的前表面、

沿第一侧平面延伸的第一侧表面,以及沿第二侧平面延伸的第二侧表面。所述前平面垂直于所述第一侧平面和所述第二侧平面。所述清洁机器人包括驱动系统和清洁入口,所述驱动系统被配置成将所述清洁机器人支撑在地板表面上,所述清洁入口位于所述清洁机器人的中心前方并且沿所述清洁机器人的所述前部位于所述第一侧表面和所述第二侧表面之间。所述清洁入口被配置成将来自所述地板表面的碎屑收集到所述清洁机器人内。所述清洁机器人包括控制器,其被配置成执行指令以执行一个或多个操作。所述一个或多个操作包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向前驱动方向沿第一障碍物表面移动直到所述清洁机器人检测到第二障碍物表面与所述清洁机器人之间的接触,随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人沿向后驱动方向移动远离所述第二障碍物表面,随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向并随后远离所述第一障碍物表面,以及随后操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝所述向后驱动方向沿所述第一障碍物表面移动。所述第一障碍物表面位于距第三障碍物表面不超过所述清洁机器人的总宽度的100%至150%的距离处。

[0024] 实施方式可以包括以下和本文中其它地方所描述的示例。

[0025] 在一些实施方式中,所述清洁机器人进一步包括传感器系统,所述传感器系统被配置成生成所述地板表面的地图,所述一个或多个操作包括:基于所述地图确定所述第一障碍物表面与所述第三障碍物表面之间的距离为所述清洁机器人的总宽度的100%至150%,并且操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物转向并且随后远离所述第一障碍物表面包括:响应于确定所述距离为清洁机器人的总宽度的100%至150%,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物转向并且随后远离所述第一障碍物表面。

[0026] 在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向并且随后远离所述第一障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向直到所述清洁机器人的碰撞传感器检测到所述清洁机器人与所述第一障碍物表面之间的接触。在一些实施方式中,操作所述驱动系统以使所述清洁机器人朝向所述第一障碍物表面转向并且随后远离所述第一障碍物表面包括:操作所述驱动系统以使所述清洁机器人转向远离所述第一障碍物表面直到所述清洁机器人的所述碰撞传感器不再检测到所述清洁机器人与所述第一障碍物表面之间的接触。

[0027] 本说明书中描述的主题的一个或多个实施方式的细节在附图和以下说明书中阐述。其它可能特征、方面和优点将由说明书、附图以及权利要求书而显见。

附图说明

[0028] 图1是其中自主清洁机器人正在移动的环境的顶部示意图。

[0029] 图2是正在收集来自地板表面的碎屑的自主清洁机器人的侧剖视图。

[0030] 图3A至图3C是自主清洁机器人的底部视图、顶部透视图以及顶部示意图。

[0031] 图4、图6、图8、图10以及图12是导航自主移动机器人的示例过程的流程图。

[0032] 图5A-5E、图7A-7F、图9A-9H、图11A-11F以及图13A-13C示出了多组示意图,其分别例示说明了在图4、图6、图8、图10以及图12的过程期间的自主移动机器人。

[0033] 在各个附图中类似的附图标记和名称指示相同的元件。

具体实施方式

[0034] 参考图1,自主移动机器人100围绕房间20中的地板表面10自主地移动。例如,机器人100是执行清洁操作的自主移动地板清洁机器人,其中在机器人100清洁地板表面10的同时机器人100在地板表面10上推进。在一些实施方式中,在清洁操作期间,参考图2,当机器人100穿越地板表面10时,机器人100收集来自地板表面10的碎屑。

[0035] 再次参考图1,房间20包括多个障碍物表面30a-30j,机器人100可以沿这些障碍物表面被导航。在障碍物跟随行为中,机器人100可以沿邻近障碍物表面的路径导航以清洁地板表面10中邻近障碍物表面的部分。如本文中所述,机器人100可以通过采集传感器数据来检测障碍物表面30a-30j并在利用传感器数据来在地板表面10周围操纵的同时沿障碍物表面30a-30j执行不同系列的移动,来清洁地板表面10中邻近由障碍物表面30a-30j形成的复杂几何形状的部分。

[0036] 示例系统

[0037] 图3A至图3C描绘了机器人100的示例。参考图3A,机器人100包括机器人壳体基础结构108。壳体基础结构108可以限定机器人100的结构外围。在一些示例中,壳体基础结构108包括底盘、盖、底板以及缓冲器组件。机器人100是家用机器人,其具有较小的外形从而使得机器人100能够适于在家中的家具下方。例如,机器人100相对于底板表面的高度H1(如图2中所示),例如,不超过13厘米。机器人100也是紧凑型的。机器人100的总长度L1(如图2中所示)和总宽度W1(如图3A中所示)分别在30厘米至60厘米之间,例如,在30厘米至40厘米之间、40厘米至50厘米之间,或者50厘米至60厘米之间。总宽度W1可以和机器人100的壳体基础结构108的宽度相对应。

[0038] 机器人100包括驱动系统110,其包括一个或多个驱动轮。驱动系统110进一步包括一个或多个电动马达,所述一个或多个电动马达包括形成电气电路106的部分的电驱动部分。壳体基础结构108于机器人100内支撑电气电路106,电气电路106至少包括控制器109。

[0039] 驱动系统110可操作为在地板表面10上推进机器人100。机器人100可以朝向前驱动方向F或者向后驱动方向R推进。机器人100还可以被推进使得机器人100在适当的位置转向或者在朝向前驱动方向F或向后驱动方向R移动的同时转向。在图3A中所示的示例中,机器人100包括延伸穿过壳体基础结构108的底部部分113的驱动轮112。驱动轮112通过马达114转动从而促使机器人100沿地板表面10移动。机器人100进一步包括延伸穿过壳体基础结构108的底部部分113的被动脚轮115。脚轮115未被通电。驱动轮112和脚轮115一起配合以将壳体基础结构108支撑在地板表面10上方。例如,脚轮115沿壳体基础结构108的后部121设置,而驱动轮112设置在脚轮115的前方。

[0040] 参考图3A和图3C,机器人100包括基本上为矩形的前部122和基本上为半圆形的后部121。前部122包括侧表面150、152、前表面154,以及拐角表面156、158。前部122的拐角表面156、158将侧表面150、152连接至前表面154。后部121包括倒圆表面160。倒圆表面160限定机器人100的壳体基础结构108的周边的半圆形部分。壳体基础结构108的半圆形部分对应于具有中心162的圆的一部分。中心162除了作为圆的中心之外,可以对应于在机器人100在适当位置转向时机器人100的旋转中心164。就这一点而言,中心162可以位于机器人100的驱动轮112之间。例如,延伸穿过中心162的垂直平面166可以延伸穿过驱动轮112的中心。中心162可以对应于机器人100的纵向中心、机器人100的横向中心,或者两者。

[0041] 垂直平面166可以将机器人100的后部121与机器人100的前部122分开。前部122的侧表面150、152沿彼此相平行的垂直平面168、170延伸。侧表面150、152以及垂直平面168、170可以各自与机器人100的向前驱动方向F相平行(如图3A中所示)。前部122的前表面154沿垂直平面172延伸。垂直平面172垂直于平面168、170且平行于垂直平面166。垂直平面172可以垂直于机器人100的向前驱动方向F。垂直平面166、168、170、172由此界定矩形区域,于该矩形区域内定位前部122的占用空间。前部122的占用空间可以覆盖,例如,矩形区域的总面积的至少90%、至少95%或者至少100%。在一些实施方式中,机器人100的前部122的占用空间可以整个定位在由垂直平面166、168、170、172界定的矩形区域内。例如,前部122的占用空间并不与垂直平面166、168、170、172交叉。侧表面150、侧表面152以及前表面154相交但是并不与垂直平面166、168、170、172交叉。

[0042] 在图2、图3A以及图3B所描述的示例中,机器人100是自主移动地板清洁机器人,其包括清洁组件116(如图3A中所示),所述清洁组件可操作为清洁地板表面10。例如,机器人100是吸尘清洁机器人,其中清洁组件116可操作为通过吸入来自地板表面10的碎屑105(如图2中所示)来清洁地板表面10。清洁组件116包括清洁入口117,机器人100通过所述清洁入口收集碎屑。清洁入口117位于机器人100的中心前方,例如中心162或者旋转中心164前方,并且沿机器人100的前部122位于前部122的侧表面150、152之间。

[0043] 清洁组件116包括一个或多个可旋转构件,例如,通过马达120驱动的可旋转构件118。可旋转构件118在机器人100的前部122上水平地延伸。可旋转构件118位于沿壳体基础结构108的前部122的位置处,并且沿壳体基础结构108的前部122的宽度(例如,对应于机器人100的总宽度W1)的75%至95%延伸。另外参考图2,清洁入口117位于可旋转构件118之间。

[0044] 如图2中所示,可旋转构件118是相对于彼此反向旋转的辊子。例如,可旋转构件118可以围绕平行的水平轴146、148旋转(如图3A中所示)以搅动地板表面10上的碎屑105并将碎屑105引向清洁入口117、进入到清洁入口117内,以及进入到机器人100的吸入路径145中。再次参考图3A,可旋转构件118可以整个位于机器人100的前部122内。可旋转构件118包括弹性体壳,所述弹性体壳接触地板表面10上的碎屑105以在可旋转构件118相对于壳体基础结构108旋转时,引导碎屑105通过可旋转构件118之间的清洁入口117进入到机器人100的内部,例如,进入到碎屑箱124内(如图2中所示)。可旋转构件118进一步接触地板表面10以搅动地板表面10上的碎屑105。

[0045] 机器人100进一步包括可操作为生成空气流的吸尘组件119,所述空气流通过可旋转构件118之间的清洁入口117并进入到碎屑箱124内。吸尘组件119包括叶轮和用于旋转叶轮从而生成空气流的马达。吸尘组件119与清洁组件116相配合以将来自地板表面10的碎屑105吸入到碎屑箱124内。在一些情况下,通过吸尘组件119生成的空气流形成足够的力来向上吸引地板表面10上的碎屑105通过可旋转构件118之间的间隙进入到碎屑箱124内。在一些情况下,可旋转构件118接触地板表面10以搅动地板表面10上的碎屑105,从而使碎屑105能够更容易地通过吸尘组件119所生成的空气流被吸入。

[0046] 机器人100进一步包括刷126,其围绕非水平轴线旋转,例如与地板表面10形成75度至90度的角度的轴线。该非水平轴线,例如,与可旋转构件118的纵向轴形成75度至90度的角度。机器人100包括马达128,其可操作地连接至刷126以旋转刷126。

[0047] 刷126是从机器人100的前后轴线FA横向偏移的侧刷,从而使得刷126延伸超过机器人100的壳体基础结构108的外周。例如,刷126可以延伸超过机器人100的侧表面150、152中的一个并且可以由此能够接触到地板表面10中可旋转构件118通常无法达到的部分上的碎屑,例如,地板表面10中在直接位于机器人100下方的部分之外的地板表面10的部分。刷126还从机器人100的横向轴线LA向前偏移,从而使得刷126还延伸超过壳体基础结构108的前表面154。如3A中所示,刷126延伸超过壳体基础结构108的侧表面150、拐角表面156以及前表面154。在一些实施方式中,刷126延伸超过侧表面150的水平距离D1是,例如,至少0.2厘米、例如至少0.25厘米,至少0.3厘米、至少0.4厘米、至少0.5厘米、至少1厘米或更多。刷126被定位成在其旋转期间接触地板表面10,从而使得刷126可以容易地接触到地板表面10上的碎屑105。

[0048] 刷126可以按照随着机器人100移动而将地板表面10上的碎屑刷送到清洁组件116的清洁路径内的方式围绕非水平轴线旋转。例如,在其中机器人100朝向前驱动方向F移动的示例中,刷126可以沿顺时针方向旋转(当从机器人100上方的视角观察时),从而使得刷126所接触的碎屑沿向前驱动方向F朝向清洁组件并朝向地板表面10中在清洁组件116前方的部分移动。因此,当机器人100朝向前驱动方向F移动时,机器人100的清洁入口117可以收集刷126所清扫的碎屑。在其中机器人100朝向后驱动方向R移动的示例中,刷126可以沿逆时针方向旋转(当从机器人100上方的视角观察时),从而使得刷126所接触的碎屑沿向后驱动方向R朝向地板表面10中在清洁组件116后方的部分移动。因此,当机器人100朝向后驱动方向R移动时,机器人100的清洁入口117可以收集刷126所清扫的碎屑。

[0049] 图3C示出了机器人100的清洁区域174和清洁区域176。清洁区域174对应于机器人100的地板表面10上在机器人100下方的区域。清洁区域174可以基本上为矩形并且具有与可旋转构件118中一个或两个的宽度相对应的宽度。清洁区域174内的碎屑可以通过机器人100的可旋转构件118向上清扫到清洁入口117内。

[0050] 清洁区域176对应于机器人100的地板表面10上在机器人100下方的区域。清洁区域176可以是环形的。清洁区域174的外周和内周可以是圆形的。当机器人100朝向前驱动方向F移动时,清洁区域176内的碎屑可以通过刷126由地板表面10中从清洁区域174横向偏移的部分清扫到地板表面10中位于清洁区域174内或前方的部分,并且由此当机器人100朝机器人100的向前驱动方向F移动时位于机器人100的清洁路径内。当机器人100朝向后驱动方向R移动时,清洁区域176内的碎屑可以通过刷126由地板表面10中从清洁区域174横向偏移的部分清扫到地板表面10中位于清洁区域174内或后方的部分,并且由此当机器人100朝机器人100的向后驱动方向R移动时位于机器人100的清洁路径内。

[0051] 除了控制器109之外,电气电路106包括记忆存储元件144和具有一个或多个电传感器的传感器系统。控制器109被配置成执行用来执行本文中所述的一个或多个操作的指令。记忆存储元件144可以由控制器109访问并且被设置在壳体基础结构108内。一个或多个电传感器被配置成检测机器人100的环境中的特征。例如,参考图3A,传感器系统包括沿壳体基础结构108的底部部分113设置的悬空传感器134。悬空传感器134中的每一个是能够检测在光学传感器下方存在或不存在物体(例如,地板表面10)的光学传感器。悬空传感器134可以由此检测在机器人100中设置了悬空传感器134的部分下方的障碍物,例如下降或悬空,并且相应地重新引导机器人。

[0052] 参考图3B,传感器系统包括一个或多个接近传感器,其可以检测沿地板表面10位于于机器人100附近的物体。例如,传感器系统可以包括设置在壳体基础结构108的前表面154附近的接近传感器136a、136b、136c。接近传感器136a、136b、136c中的每一个包括由壳体基础结构108的前表面154面向外的光学传感器并且其可以检测在光学传感器前方存在或不存在的物体。例如,可检测的物体包括例如家具、墙壁、人的障碍物以及机器人100的环境中的其它物体。

[0053] 传感器系统包括缓冲器系统,所述缓冲器系统包括缓冲器138以及检测缓冲器138与环境中障碍物之间的接触的一个或多个碰撞传感器。缓冲器138形成壳体基础结构108的部分。例如,缓冲器138可以形成侧表面150、152以及前表面154。例如,传感器系统可以包括碰撞传感器139a、139b。碰撞传感器139a、139b可以包括制动梁传感器、电容传感器,或者可以检测机器人100(例如,缓冲器138)与环境中物体之间的接触的其他传感器。在一些实施方式中,碰撞传感器139a可以用于检测缓冲器138沿机器人100的前后轴线FA(如图3A中所示)的移动,而碰撞传感器139b可以用于检测缓冲器138沿机器人100的横向轴线LA(如图3A中所示)的移动。接近传感器136a、136b、136c可以在机器人100接触到物体之前检测到物体,而碰撞传感器139a、139b可以,例如,响应于机器人100接触物体而检测到接触缓冲器138的物体。

[0054] 传感器系统包括一个或多个障碍物跟随传感器。例如,机器人100可以包括沿侧表面150的障碍物跟随传感器141。障碍物跟随传感器141包括由壳体基础结构108的侧表面150面向外的光学传感器并且其可以检测邻近于壳体基础结构108的侧表面150存在或不存在的物体。障碍物跟随传感器141可以沿垂直于机器人100的向前驱动方向F且垂直于机器人100的侧表面150的方向水平地发射光束。例如,可检测的物体包括例如家具、墙壁、人的障碍物以及机器人100的环境中的其它物体。在一些实施方式中,传感器系统可以包括沿侧表面152的障碍物跟随传感器,并且该障碍物跟随传感器可以检测邻近于侧表面152存在或不存在的物体。沿侧表面150的障碍物跟随传感器141是右侧障碍物跟随传感器,而沿侧表面152的障碍物跟随传感器是左侧障碍物跟随传感器。包括障碍物跟随传感器141的一个或多个障碍物跟随传感器还可以用作障碍物检测传感器,例如,类似于本文中所述的接近传感器。就这一点而言,左侧障碍物跟随可以用于确定在机器人100左侧的物体(例如,障碍物表面)和机器人100之间的距离,而右侧障碍物跟随传感器可以用于确定在机器人100右侧的物体(例如,障碍物表面)和机器人100之间的距离。

[0055] 在一些实施方式中,接近传感器136a、136b、136c以及障碍物跟随传感器141中的至少一些各自包括光发射器和光检测器。光发射器从机器人100向外(例如,沿水平方向向外)发射光束,而光检测器检测从机器人100附近的物体反射回的光束的反射。机器人100,例如,通过利用控制器109,可以确定光束的飞行时间并且由此确定光检测器与物体之间的距离,以及从而确定机器人100与物体之间的距离。

[0056] 在一些实施方式中,接近传感器136a包括光检测器180和多个光发射器182、184。光发射器182、184中的一个可以被定位成向外并向下引导光束,而光发射器182、184中的另一个可以被定位成向外并向上引导光束。光检测器180可以检测光束的反射或光束的散射。在一些实施方式中,光传感器180是成像传感器、相机、或用于感测光信号的一些其它类型的检测装置。在一些实施方式中,光束照亮沿机器人100前方的平坦垂直表面的水平线。在

一些实施方式中,光发射器182、184各自向外朝向障碍物表面发射一扇波束,使得在一个或多个障碍物表面上出现一维网格点。一维网格点可以位于水平延伸的线上。在一些实施方式中,网格点可以在多个障碍物表面上延伸,例如,彼此相邻的多个障碍物表面。光传感器180可以捕获表示通过光发射器182形成的网格点和通过光发射器184形成的网格点的图像。基于图像中点的大小,机器人100可以确定其上呈现点的物体相对于光检测器180,例如,相对于机器人100,的距离。机器人100可以针对每个点做出该确定,由此使机器人100能够确定其上呈现点的物体的形状。此外,如果多个物体位于机器人100前方,则机器人100可以确定每个物体的形状。在一些实施方式中,物体可以包括在地板表面10中直接从机器人100前方的部分横向偏移的一个或多个物体。

[0057] 传感器系统进一步包括指向壳体基础结构108的顶部部分142的图像捕获装置140,例如相机。图像捕获装置140随着机器人100在地板表面10周围移动生成机器人100的环境的数字图像。图像捕获装置140相对于机器人100在其周围导航的地板表面10朝向上方向成角度,例如在30度至80之间成角度。当向上成角度时,相机能够捕获环境的墙壁表面的图像,从而使得与墙壁表面上的物体相对应的特征可以用于定位。

[0058] 当控制器109促使机器人100执行任务时,控制器109操作马达114以驱动轮112并沿地板表面10推进机器人100。此外,控制器109操作马达120以促使可旋转构件118旋转,操作马达128以促使刷126旋转,并操作吸尘组件119的马达以生成空气流。为了促使机器人100执行各种导航和清洁行为,控制器109执行存储在记忆存储元件144上的软件以促使机器人100通过操作机器人100的各种马达来执行。控制器109操作机器人100的各种马达来促使机器人100执行行为。

[0059] 传感器系统可以进一步包括用于跟踪机器人100所行进的距离的传感器。例如,传感器系统可以包括与用于驱动轮112的马达114相关联的编码器,并且这些编码器可以跟踪机器人100已经行进的距离。在一些实施方式中,传感器系统包括向下面向地板表面的光学传感器。该光学传感器可以是光学鼠标传感器。例如,光学传感器可以被定位成引导光线通过机器人100的底部表面朝向地板表面10。光学传感器可以检测光线的反射并基于在机器人100沿地板表面10行进时地板特征的变化来检测机器人100所行进的距离。

[0060] 控制器109使用由传感器系统的传感器所采集的数据来控制任务期间机器人100的导航行为。例如,控制器109使用通过机器人100的障碍物检测传感器所采集的传感器数据,例如悬空传感器134、接近传感器136a、136b、136c以及碰撞传感器139a、139b,来使机器人100能够在任务期间避开在机器人100的环境中的障碍物。

[0061] 传感器数据可以由控制器109用于即时定位与地图构建(SLAM)技术,其中控制器109提取由传感器数据表示的环境特征并构建环境的地板表面10的地图。通过图像捕获装置140采集的传感器数据可以用于例如基于视觉的SLAM(VSLAM)技术,其中控制器109提取与环境中的物体相对应的视觉特征并利用这些视觉特征构建地图。当控制器109在任务期间在地板表面10附近引导机器人100时,通过检测在所采集的传感器数据中表示的特征并将特征与先前存储的特征进行比较,控制器109使用SLAM技术来确定机器人100在地图内的位置。通过传感器数据形成的地图可以指示在环境中可穿越和不可穿越的空间的位置。例如,障碍物的位置在地图上被指示为可穿越空间,而开放地板空间的位置在地图上被指示为不可穿越空间。

[0062] 通过传感器中任一种采集的传感器数据可以存储在记忆存储元件144中。此外,针对SLAM技术所生成的其它数据,包括形成地图的制图数据,也可以存储在记忆存储单元144中。这些在任务期间产生的数据可以包括在任务期间产生并且可以在另一任务期间使用的持久性数据。例如,另一任务是在该任务之后发生的后续任务。除了存储用于促使机器人100执行其行为的软件之外,记忆存储单元144存储传感器数据或者通过对传感器数据的处理得到的数据以用于由控制器109在从一个任务到另一任务时访问。例如,地图是持久性地图,其可以由机器人100的控制器109从一个任务到另一个任务时使用并更新以在地板表面10附近导航机器人100。

[0063] 包括持久性地图的持久性数据使机器人100能够有效地清洁地板表面10。例如,持久性地图使控制器109能够朝向开放地板空间引导机器人100并避开不可穿越的空间。此外,对于后续的任务,控制器109能够通过利用持久性地图的环境规划机器人100的导航从而优化在任务期间采取的路径。

[0064] 示例过程

[0065] 机器人100可以执行用于在环境附近导航和穿越环境中地板表面的特定过程。图4、图6、图8和图10是例示说明这些过程中的一些的流程图。这些过程中的操作可通过机器人100、控制器109、机器人100的其它子系统和/或在机器人100远程的处理器和服务器来执行。例如,为了执行其中机器人100在地板表面附近移动的操作,控制器109可操作机器人100的驱动系统110。控制109还可以操作传感器系统来采集数据,例如指示机器人100的环境中物体的数据。控制器109还可以操作机器人100的其它子系统。

[0066] 图4显示了用于例示说明导航机器人以跟随障碍物表面的过程400的流程图。图5A至图5E示出了机器人100执行过程400中的操作以跟随障碍物表面500的示意图。在图4中所示的示例中,过程400包括操作402、404、406、408、410。在过程400期间,机器人100执行障碍物跟随行为,其中机器人100沿障碍物表面500行进以清洁地板表面10中邻近于障碍物表面500的部分。

[0067] 尽管图4和图5是关于侧表面150沿障碍物表面500行进而进行描述的,但是在其它实施方式中,机器人100可以被控制为使得侧表面152沿障碍物表面500行进。在一些实施方式中,机器人100包括类似于位于机器人100左侧的刷126的刷。该刷可以向前表面154的前方和侧表面152的左方延伸,由此使机器人100能够清洁地板表面中在侧表面152左侧的部分。

[0068] 在操作402中,生成地板表面10的地图(如图5A中所示)。如图5A中所示,在操作402期间,机器人100可以定位成远离障碍物表面500。地板表面10的地图可以指示障碍物表面500相对于机器人100的位置和朝向。基于障碍物表面500的位置和朝向,例如,通过由机器人100的传感器系统采集的数据所确定的,控制器109(如图3A中所示)可以选择用来朝向障碍物表面500导航机器人100的方向。控制器109随后可以操作机器人100的驱动系统110(如图3A中所示)以使机器人100沿向前驱动方向F(如图3A中所示)朝向障碍物表面500移动。

[0069] 在操作404处,如图5B中所示,检测到障碍物表面500。例如,机器人100的传感器系统可以检测障碍物表面500。在一些实施方式中,机器人100利用碰撞传感器139a、139b中的一个或多个检测障碍物表面500。碰撞传感器139a、139b可以响应于机器人100接触障碍物表面500而被触发,由此允许控制器109检测障碍物表面500的存在。如图5B中所示,机器人

100的前部122,例如前部122的拐角表面156接触障碍物表面500。

[0070] 在一些实施方式中,机器人100利用接近传感器136a、136b、136c中的一个或多个检测障碍物表面500。当障碍物表面500在机器人100附近时,接近传感器136a、136b、136c可以检测到来自接近传感器136a、136b、136c的光发射的反射。响应于接近传感器136a、136b、136c检测到这些反射,控制器109可以确定障碍物表面500在附近。在一些实施方式中,控制器109仅在障碍物表面500位于距离机器人100的特定距离内时,例如,在0.5厘米至5厘米范围内时,确定障碍物表面500在附近。在一些实施方式中,响应于确定障碍物表面500在附近,控制器109操作机器人100的驱动系统110以在机器人100移动地更靠近障碍物表面500时使机器人100减速。

[0071] 在操作406处,如图5C中所示,机器人100的侧表面150与障碍物表面500对齐。例如,侧表面150可以被定向成基本上与障碍物表面500相平行。侧表面150与障碍物表面500之间的角度可以小于5度,例如小于4度、小于3度、小于2度、小于1度,或者小于0.5度。

[0072] 在操作406处,除了将机器人100的侧表面150与障碍物表面500对齐之外,控制器109可以将侧表面150定位在距障碍物表面500的一定距离内。例如,该一定距离可以小于0.1厘米至1厘米,例如,至多0.1厘米、至多0.2厘米、至多0.3厘米、至多0.4厘米,或至多0.5厘米。该一定距离可以足够小以确保刷126(如图3A中所示)可以接触到障碍物表面500。例如,该一定距离可以小于距离D1(如图3A所示)。机器人100的侧表面150可以定位成足够靠近障碍物表面500,从而使得清洁区域176(如图3C中所示)覆盖地板表面10中位于侧表面150和障碍物表面500之间的部分。在一些实施方式中,刷126(如图3A中所示)接触障碍物表面500。这样可以使机器人100能够清洁地板表面10和障碍物表面500之间的交界面。为了将机器人100的侧表面150与障碍物表面500对齐并确保在侧表面150与障碍物表面500对齐的同时侧表面150足够靠近障碍物表面500,控制器109可以操作驱动系统110以使机器人100转向并使机器人100朝向障碍物表面500移动。

[0073] 在操作408处,如图5D中所示,使机器人100转向,从而使得侧表面150朝向障碍物表面500旋转。按照这种方式使机器人100转向以确定机器人100是否足够靠近障碍物表面500,例如,是否在关于操作406所描述的一定距离内。具体地,使机器人100转向以便确保,在转向之前且在机器人100按照关于操作406所描述的方式与障碍物表面500对齐的同时,侧表面150在距障碍物表面500的一定距离内。控制器109可以通过,例如,测量机器人100为了接触障碍物表面500要旋转的量来确定机器人100是否在该一定距离内。如果机器人100不在该一定距离内,则控制器109可以操作驱动系统110以使机器人100转向并使机器人100朝向障碍物表面500移动从而将侧表面150与障碍物表面500对齐,以及在侧表面150与障碍物表面500对齐的同时确保侧表面150足够靠近障碍物表面500。

[0074] 机器人100可以旋转直到满足一定条件。在一些实施方式中,该条件对应于碰撞传感器139a、139b中的一个何时被触发,例如机器人100何时接触障碍物表面500。另选地或除此之外,该条件对应于马达114的扭矩何时达到尖峰。响应于满足该条件,测量障碍物跟随传感器141所生成的信号的值。该值可以与障碍物跟随传感器141和障碍物表面500之间的距离成反比例并且在侧表面150或拐角表面156接触到障碍物表面500时达到最大。在此操作处检测到的最大值可以用于校准障碍物跟随传感器141,其在一些情况下可能产生具有取决于环境中光线条件和障碍物表面的属性(例如,颜色、粗糙度、材料类型等)的不同值的

信号。

[0075] 在其中障碍物跟随传感器141包括光学传感器的一些实施方式中,该值与障碍物跟随传感器141所检测到的光束的反射的强度成比例。在一些实施方式中,可以将操作408处机器人100开始转向之前由障碍物跟随传感器141生成的信号的值与在操作408期间由障碍物跟随传感器141生成的信号的值进行比较以确定机器人100是否在一定距离内。

[0076] 在操作410处,如图5E中所示,使机器人100沿障碍物表面500移动。清洁区域174、176(如图3C中所示)沿清洁路径502穿越,该清洁路径由障碍物表面500与地板表面10之间的交界面朝向机器人100的侧表面152延伸。因此,机器人100能够清洁地板表面10中邻近障碍物表面500的部分。在机器人100朝向前驱动方向F移动时,控制器109可以操作驱动系统110以基于从障碍物跟随传感器141接收到的一个或多个信号调节机器人100的朝向。该朝向可以被调节成使得在机器人100沿障碍物表面150移动时侧表面150与障碍物表面500对齐。例如,该朝向可以被调节成使得一个或多个信号的一个或多个值可以被保持在一定范围内。

[0077] 图6显示了用于例示说明导航机器人以跟随障碍物表面的过程600的流程图。图7A至图7F显示了机器人100执行过程600的操作从而跟随第一障碍物表面700以及相对于第一障碍物表面700成角度的第二障碍物表面702的示意图。第一障碍物表面700和第二障碍物表面702可以是相邻的表面。第一障碍物表面700和第二障碍物表面702可以是非平行的表面并且可以形成外侧拐角。在图6中所示的示例中,过程600包括操作602、604、606、608、610、612、614、616。在过程600中,机器人100执行障碍物跟随行为,其中机器人100沿第一障碍物表面700和第二障碍物表面702行进以清洁地板表面10中邻近于第一障碍物表面700和第二障碍物表面702的部分。尽管图6和图7A至图7F是关于侧表面152沿第一障碍物表面700和第二障碍物表面702行进而进行描述的,但是在其它实施方式中,机器人100可以被控制为使得侧表面150沿第一障碍物表面700和第二障碍物表面702行进。

[0078] 在操作602处,如图7A中所示,机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面700移动。机器人100可以按照类似于关于操作410所描述的方式进行控制。具体地,控制器109可以操作驱动系统110以使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面700移动,同时机器人100的侧表面152面向第一障碍物表面700。

[0079] 在操作604处,如图7B中所示,障碍物跟随传感器(沿本文中所述的机器人100的侧表面152)的位置被定位在第一障碍物表面700的前方。控制器109可以,利用障碍物跟随传感器,检测到障碍物跟随传感器的位置位于第一障碍物表面700的前方。例如,障碍物跟随传感器沿机器人100的侧表面152定位并且沿水平轴线704定位,该水平轴线垂直于侧表面152且垂直于向前驱动方向F。水平轴线704相对于第一障碍物表面700且相对于第一障碍物表面700与第二障碍物表面702之间的交界面706沿向前驱动方向F定位。障碍物跟随传感器可以检测到其位置位于第一障碍物表面700的前方。例如,如果障碍物跟随传感器为光学传感器,则由障碍物跟随传感器所产生的信号的值可以响应于所发射的光束无法再接触到第一障碍物表面700而降低。因此,当障碍物跟随传感器的位置位于第一障碍物表面700的前方时,由障碍物跟随传感器发射的光束的反射无法通过障碍物跟随传感器检测到。

[0080] 在一些实施方式中,在操作604处继续向第一障碍物表面700的前方导航机器人100直到障碍物跟随传感器的位置沿向前驱动方向F超过第一障碍物表面700至少一定距

离。就这一点而言,机器人100可以继续沿向前驱动方向F移动直到机器人100移动至少1厘米至60厘米的距离,例如,至少1厘米、至少2厘米、至少3厘米、至少4厘米、至少5厘米、至少10厘米、至少15厘米、至少30厘米、至少45厘米,或者至少60厘米。在一些实施例中,该距离对应于机器人100的长度L1的25%至200%。控制器109可以利用本文中所述的传感器系统跟踪所行进的距离,例如,利用机器人100的编码器或者利用机器人100的光学鼠标传感器。在一些实施方式中,在操作604处继续向第一障碍物表面700的前方导航机器人100直到机器人100的旋转中心164(如图3C中所示)位于第一障碍物表面700的前方。例如,此刻,垂直于向前驱动方向F且穿过旋转中心164的水平轴线可以与第二障碍物表面702对齐或者位于第二障碍物表面的前方。另选地或除此之外,该水平轴线可以位于第一障碍物表面700的前方。在水平轴线与第二障碍物表面702对齐时,机器人100可以继续沿向前驱动方向F移动至少1厘米至60厘米的距离,例如,至少1厘米、至少2厘米、至少3厘米、至少4厘米、至少5厘米、至少10厘米、至少15厘米、至少30厘米、至少45厘米,或者至少60厘米。在一些实施例中,该距离对应于机器人100的长度L1的25%至200%。

[0081] 在操作606处,如图7C中所示,使机器人100转向,从而使得侧表面152面向第二障碍物表面702。机器人100可以响应于障碍物跟随传感器的位置位于第一障碍物表面700的前方,例如响应于检测到该位置位于第一障碍物表面700的前方而转向。例如,操作606可以响应于如关于操作604所描述的障碍物跟随传感器位于第一障碍物表面700的前方一定距离而被触发。

[0082] 控制器109可以使机器人100转向并使机器人100朝向前驱动方向F移动从而使机器人100沿轨迹708朝向第二障碍物表面702移动。如图7C中所示,轨迹708包括弧形部分,其允许机器人100被重新定向以使侧表面152与第二障碍物表面702对齐。在一些情况下,在操作606期间,使机器人100针对操作606的至少一部分在适当位置转向以使侧表面152与第二障碍物表面702重新对齐。在一些实施方式中,为了将侧表面152与第二障碍物表面702对齐,可以执行类似于操作402、404、406、408、410的操作。

[0083] 当机器人100沿轨迹708移动时,在一些实施方式中,机器人100的清洁路径710并不穿过地板表面10的一部分712。清洁路径710可以对应于地板表面10中当机器人100沿轨迹708移动时被清洁区域174、176(如图3C中所示)所穿过的部分。地板表面10的该部分712由此并未通过刷126或清洁组件116得到清洁。地板表面10的该部分712可以从交界面706或者从交界面706近侧远离第一障碍物表面700沿第二障碍物表面702延伸。该部分712可以基本上是三角形形状的。该部分712沿第二障碍物表面702的长度可以是至少1厘米至15厘米,例如,5厘米至10厘米、至少1厘米、至少3厘米、至少5厘米、至少8厘米、至少10厘米、至少13厘米,或者至少15厘米。该部分712沿第二障碍物表面702的长度可以为机器人100的长度L1的5%至50%之,例如,为机器人100的长度L1的5%至25%、10%至30%、15%至35%、20%至40%、25%至45或者30%至50%之间。

[0084] 在一些实施方式中,机器人100包括类似于位于机器人100左侧的刷126的刷。该部分712可以从交界面706近侧延伸但是接触交界面706,同时刷所覆盖的区域176可以穿越地板表面10中沿第二障碍物表面702定位并接触交界面706的部分。

[0085] 在操作608处,机器人100确定机器人100在检测第二障碍物表面702之前是否在操作606处转向了至少阈值量的旋转。例如,该阈值量的旋转可以是在25度至65度之间的值,

例如,25度至55度、30度至60度、35度至65度,或者约25度、30度、35度、40度、45度、50度、55度、60度或者65度。机器人100可以在满足一个或多个条件时检测第二障碍物表面702。在一些实施方式中,机器人100通过接触第二障碍物表面702并且触发机器人100的碰撞传感器139a、139b(如图3B中所示)中的一个或多个来检测第二障碍物表面702。在一些实施方式中,机器人100检测到第二障碍物表面702足够靠近第二障碍物表面702,从而使得障碍物跟随传感器检测到第二障碍物表面702。在一些实施方式中,碰撞传感器和障碍物跟随传感器两者均被触发用于操作608处检测第二障碍物表面702。

[0086] 如果机器人100在检测到第二障碍物表面702时确定机器人100已经进行的转向小于阈值量的旋转,则启动障碍物跟随行为。具体地,使机器人100按照类似于关于操作402、404、406、408、410所描述的方式移动以跟随第二障碍物表面702。

[0087] 如果机器人100在操作606处确定机器人100已经进行的转向不小于阈值量的旋转,则在操作612处,如图7D中所示,使机器人100转向直到检测到第二障碍物表面702。可以使机器人100在适当位置围绕其旋转中心164(如图3C中所示)旋转从而使得前部122(如图3A中所示)朝向第二障碍物表面702旋转。对于检测第二障碍物表面702,操作612可以类似于操作404。机器人100可以在满足一个或多个条件时检测第二障碍物表面702。在一些实施方式中,机器人100通过接触第二障碍物表面702并且触发机器人100的碰撞传感器139a、139b(如图3B中所示)中的一个或多个来检测第二障碍物表面702。在一些实施方式中,机器人100检测到第二障碍物表面702足够靠近第二障碍物表面702,从而使得障碍物跟随传感器检测到第二障碍物表面702。在一些实施方式中,碰撞传感器和障碍物跟随传感器两者均被触发用于在操作612处检测第二障碍物表面702。

[0088] 在一些实施方式中,障碍物跟随传感器可以在该操作期间进行校准。障碍物跟随传感器可以按照关于操作408所描述的方式来校准。

[0089] 在操作614处,如图7E中所示,使机器人100朝向后驱动方向R沿第二障碍物表面702移动。在机器人100朝向后驱动方向R移动时,控制器109可以操作驱动系统110以调节机器人100的朝向。通过类似于关于操作410所描述的过程,该朝向可以被调节成使得在机器人100沿第二障碍物表面702移动时侧表面152与障碍物表面702对齐。

[0090] 在操作614处,控制器109可以操作驱动系统110来使机器人100移动并使其清洁路径通过地板表面10的部分712,例如通过地板表面的部分712中的至少一部分。在一些实施方式中,当机器人100朝向后驱动方向R移动时机器人100的清洁路径仅覆盖地板表面10的部分712中的一部分,因为邻近于第二障碍物表面702的部分并未被清洁区域174所穿越。在一些实施方式中,机器人100包括类似于位于机器人100的左侧的刷126的刷并且针对该刷的清洁区域穿越地板表面10中邻近第二障碍物表面702的部分。

[0091] 在一些实施方式中,在操作614处继续向第二障碍物表面702的后方导航机器人100直到障碍物跟随传感器的位置在沿向后驱动方向R超过第二障碍物表面700的一定距离处。机器人100可以按照类似于关于操作604所描述的方式确定障碍物跟随传感器的位置超过第二障碍物表面700,例如在其后方。机器人100可以继续沿向后驱动方向R移动直到机器人100移动至少1厘米至60厘米的距离,例如,至少1厘米、至少2厘米、至少3厘米、至少4厘米、至少5厘米、至少10厘米、至少15厘米、至少30厘米、至少45厘米,或者至少60厘米。在一些实施方式中,该距离对应于机器人100的长度L1的25%至200%。控制器109可以利用本文

中所述的传感器系统跟踪所行进的距离,例如,利用机器人100的编码器或者利用机器人100的光学鼠标传感器。

[0092] 在操作616处,如图7F中所示,使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面702移动。可以响应于机器人确定障碍物跟随传感器的位置超过第二障碍物表面700或在其后方(例如,一定距离)来使机器人100朝向前驱动方向F移动。

[0093] 在一些实施方式中,在操作616处,还在操作616的一部分期间操作驱动系统110来使机器人100移动远离第二障碍物表面702。具体地,控制机器人100以相对于第二障碍物表面702成角度的方式朝向第二障碍物表面702操纵。例如,可以使机器人100转向远离第二障碍物表面702从而使得机器人100的向前驱动方向F相对于第二障碍物表面702成角度。就这一点而言,当机器人100朝向前驱动方向F移动时机器人100移动远离第二障碍物表面702。例如,当机器人100朝向前驱动方向F沿第二障碍物表面702移动时机器人的侧表面152移动远离第二障碍物表面702。第二障碍物表面702与侧表面152之间沿垂直于第二障碍物表面702的距离可以随着机器人100朝向前驱动方向F移动而增大。向前驱动方向F和第二障碍物表面702可以形成非平行且非零的角度,例如,1度至10度,例如1度至3度、2度至4度,或者5度至10度。在一些实施方式中,使机器人100在适当位置转向从而使得前部122(如图3A中所示)转向远离第二障碍物表面702。这种朝向第二障碍物表面702成角度的方式降低了机器人100接触到第一障碍物表面700和第二障碍物表面702之间交界面706的可能性。

[0094] 在操作616处,可以使机器人100朝向前驱动方向F移动直到满足一个或多个条件。在一些实施方式中,机器人100可以朝向前驱动方向F移动直到检测到第二障碍物表面702,例如,通过位于机器人100的左侧的障碍物跟随传感器。在一些实施方式中,机器人100可以朝向前驱动方向F移动直到机器人100确定其已经行进了一定距离。该一定距离可以,例如,是机器人100的长度L1的50%至150%,例如,机器人100的长度L1的50%至100%、75%至125%、100%或150%,或者50%、75%、100%、125%或者150%。在一些实施方式中,机器人100可以朝向前驱动方向移动直到最先检测到第二障碍物表面702或者出现机器人100行进了一定距离。在一些实施方式中,在操作616处在机器人100停止朝向前驱动方向F移动之前同时出现这些条件。

[0095] 在满足一个或多个条件之后,机器人100执行类似于针对过程400及其操作402、404、406、408、410所描述的障碍物跟随行为。控制机器人100以与第二障碍物表面702重新对齐,从而使得机器人100不在以关于操作616所描述的角度沿第二障碍物表面702行进。相反,向前驱动方向F基本上与第二障碍物表面702相平行,例如,具有小于5度的角度,例如小于4度、小于3度、小于2度、小于1度,或者小于0.5度。在图7F中所示的示例中,机器人100沿第二障碍物表面702移动,同时侧表面152面向第二障碍物表面702。

[0096] 图8显示了用于例示说明导航机器人以跟随障碍物表面的过程800的流程图。图9A至图9H显示了机器人100执行过程800的操作从而跟随第一障碍物表面900以及相对于第一障碍物表面900成角度的第二障碍物表面902的示意图。第一障碍物表面900和第二障碍物表面902可以是相邻的表面。第一障碍物表面900和第二障碍物表面902可以是非平行的表面并且可以形成内侧拐角。在图8中所示的示例中,过程800包括操作802、804、806、808、810、812、814、816、818。在过程800期间,机器人100执行障碍物跟随行为,其中机器人100沿第一障碍物表面900和第二障碍物表面902行进以清洁地板表面10中邻近于第一障碍物表

面900和第二障碍物表面902的部分。尽管图8和图9A至图9H是关于侧表面150沿第一障碍物表面900和第二障碍物表面902行进而进行描述的,但是在其它实施方式中,机器人100可以被控制为使得侧表面152沿第一障碍物表面900和第二障碍物表面902行进。

[0097] 在操作802处,如图9A中所示,使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面900移动。机器人100可以按照类似于关于操作602所述的方式进行控制。具体地,控制器109可以操作驱动系统110以使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面900移动,同时机器人100的侧表面150面向第一障碍物表面900。

[0098] 在操作802期间使机器人100朝向前驱动方向F移动直到检测到第二障碍物表面902。在操作804处,检测到第二障碍物表面902。如图9B中所示,在一些实施方式中,机器人100可以利用机器人100的碰撞传感器139a、139b(如图3B中所示)中的一个或多个和/或利用机器人100的接近传感器136a、136b、136c(如图3B中所示)中的一个或多个来检测第二障碍物表面902。例如,可以响应于机器人100的前表面154和第二障碍物表面902之间的接触来触发碰撞传感器139a、139b。另选地或除此之外,可以响应于机器人100足够靠近第二障碍物表面902而触发接近传感器136a、136b、136c。在一些实施方式中,控制器109仅在第二障碍物表面902位于距机器人100特定距离内时,例如,在0.5厘米至5厘米范围内时,确定第二障碍物表面902是足够靠近的。

[0099] 在操作806处,保持机器人100的位置。该位置可以对应于在机器人100检测到第二障碍物表面902时的位置。就这一点而言,机器人100被定位成邻近第二障碍物表面902或者接触第二障碍物表面902,例如,以前表面154接触第二障碍物表面902。在一些情况下,缓冲器138(如图3A中所示)可以在操作806期间被压缩较小的量,例如压缩约1毫米至5毫米。在一些实施方式中,沿向前驱动方向F驱动机器人100以保持机器人100的位置。

[0100] 除了被定位成邻近第二障碍物表面902或者接触第二障碍物表面902之外,机器人100被定位成邻近第一障碍物表面900或者接触第一障碍物表面900,例如以侧表面150接触。控制器109可以操作驱动系统110以保持机器人100的位置持续一定的时间量。该时间量可以是至少1秒至5秒,例如至少1秒、至少2秒、至少3秒、至少4秒,或至少5秒。通过保持机器人100的位置,刷126的清洁区域176可以清洁地板表面10中邻近于第一障碍物表面900与第二障碍物表面902之间交界面904的部分。表面的该部分可以同时沿第一障碍物表面900和第二障碍物表面902延伸并且可以对应于地板表面10的拐角部分。

[0101] 如图8中所示,可以重复地执行操作808、810、812、814、816直到机器人100已经转向了在操作812处所确定的阈值量。具体地,在操作808、810、814、816期间,机器人100执行一系列的移动。在操作808、810、814、816期间机器人100的该系列移动使机器人100能够沿第二障碍物表面902进行清洁。在一些实施方式中,重复地执行操作808、810、812、814、816至少两次至五次,例如,至少两次、三次、四次或五次。

[0102] 在操作808处,如图9C中所示,使机器人100朝向后驱动方向R沿第一障碍物表面900移动。重复的系列移动可以由此包括这种朝向后驱动方向的移动。控制器109可以通过利用障碍物跟随传感器141确保在机器人100朝向后驱动方向R移动时侧表面150与第一障碍物表面900对齐(如图3B所示)。可以利用障碍物跟随传感器141并利用类似于关于操作410所描述的过程来调节机器人100的朝向。在图9C中所示的示例中,使机器人100朝向后驱动方向移动一定距离。该距离可以为2厘米至15厘米,例如,2厘米至6厘米、4厘米至8厘米、6

厘米至10厘米、10厘米至14厘米,或者约5厘米、7厘米、9厘米、11厘米或13厘米。在一些实施例中,该一定距离为机器人100的长度L1的10%至50%。

[0103] 如图9C中所示,在操作802、804、806以及808期间,机器人100的清洁区域174、176并不穿越地板表面10中邻近第二障碍物表面902的部分906。例如,在一些实施方式中,由于机器人100并不包含可以清洁位于清洁区域174与和机器人100的前表面154之间的区域173(如图3C中所示)的清洁工具,机器人100无法朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面900移动从而使机器人100的清洁区域174、176穿越该部分906。

[0104] 在操作810处,如图9D中所示,使机器人100转向从而使得前部122(如3A中所示)旋转远离第一障碍物表面900并朝向第二障碍物表面902。具体地,机器人100的拐角表面156朝向第二障碍物表面902移动。因此,清洁区域176朝向第二障碍物表面902移动并且在一些情况下接触第二障碍物表面902。这使得清洁区域176能够穿越通过未被穿越的部分906中的至少一部分。

[0105] 在一些实施方式中,在操作810处,使机器人100转向直到检测到第二障碍物表面902。例如,机器人100可以在满足一个或多个条件时检测第二障碍物表面902。在一些实施方式中,碰撞传感器139a、139b(如图3C中所示)中的一个或多个被触发。例如,可以继续使机器人100转向直到机器人100的前部122或拐角表面156接触到第二障碍物表面902。在一些实施方式中,接近传感器136a、136b、136c中的一个或多个(如图3A中所示)检测第二障碍物表面902。在图9D中所示的示例中,接近传感器136a可以按照类似于关于操作608或操作612所描述的方式检测第二障碍物表面902。

[0106] 在操作812处,机器人100确定其是否已经转向了阈值量的旋转。例如,该阈值量的旋转可以对应于向前驱动方向F与第一障碍物表面900之间的角度为至少30度至60度的时刻,例如至少30度、至少40度、至少50度,或至少60度。机器人100可以利用,例如,其编码器、光学鼠标传感器或者其传感器系统的其它部件来确定其旋转的角度。

[0107] 如果机器人100在操作812处确定其并未转向阈值量的旋转,则在操作814处,如图9E中所示,使机器人100转向,从而使得前部122朝向第一障碍物表面900旋转。可以使机器人100朝向第一障碍物表面900转向直到机器人100检测到第一障碍物表面900,例如,通过使用缓冲器138(如图3B中所示)和本文中所述的碰撞传感器139a、139b中的一个或多个。机器人100可以利用机器人100的拐角表面156接触第一障碍物表面900。

[0108] 在操作816处,如图9F中所示,使机器人100转向,从而使得机器人100的前部122旋转远离第一障碍物表面900。可以在操作814处使机器人100在朝向一障碍物表面900转向之后使机器人100转向。在操作816处,前部122远离第一障碍物表面900的这种旋转可以使缓冲器138与第一障碍物表面900脱离。

[0109] 过程800随后可以前进返回到操作808,并且可以使机器人100按照关于操作808所描述的朝向后驱动方向R移动一定距离。随后在操作810处可以使机器人100再次转向,从而使得前部122旋转远离第一障碍物表面900并朝向第二障碍物表面902。由于机器人100已经进一步移动从第二障碍物表面902返回,这种旋转使清洁区域176能够穿越未被穿越部分906中的不同部分908,如图9G中所示。相比于在操作810的先前迭代期间所穿越的部分910,该不同部分908可以进一步沿第二障碍物表面902,例如,进一步远离交界面904。当重复操作808、810、814、816时,在每个相继重复期间,未被穿越部分906中的不同部分可以被清洁

区域176所穿越。

[0110] 对操作808、810、814、816重复,直到机器人100在操作812处确定其已经转向了阈值量的旋转。如果机器人100在操作812处确定其已经转向了阈值量的旋转,则在操作818处,如图9H所示,使机器人100沿第二障碍物表面902移动。机器人100可以继续转向超过阈值量的旋转并且随后可以使其朝向前驱动方向F移动。具体地,使机器人100移动从而使得向前驱动方向F与第二障碍物表面902对齐并且侧表面150面向第二障碍物表面902。机器人100可以沿一定轨迹移动,该轨迹促使清洁区域176移动穿过操作808、810、814、816的重复期间未被穿越的未穿越部分906中的任何部分。该轨迹可以包括促使清洁区域176扫过未穿越部分906的弧形轨迹。控制器109可以按照类似于关于操作402、404、406、408、410所描述的方式在操作818期间控制机器人100的移动。就这一点而言,在侧表面150与第二障碍物表面902对齐之后,机器人100可以朝向前驱动方向F移动从而沿第二障碍物表面902移动并清洁地板表面10中沿第二障碍物表面902的部分。

[0111] 图10显示了例示说明用于导航机器人以跟随障碍物表面并清洁小巷1101的过程1000的流程图(如图11A至图11F所示)。图11A至图11F显示了机器人100执行过程1000的操作从而跟随距第三障碍物表面1104一定距离的第一障碍物表面1100的示意图。第一障碍物表面1100与第三障碍物表面1104之间的宽度W2可以是机器人100的总宽度W1的100%至200%,例如,是机器人100的总宽度W1的100%至150%、125%至175%或者150%至200%。小巷1101可以对应于地板表面10中由于至少两个障碍物表面限定小巷1101的一部分且其彼此靠近而具有较窄宽度的部分。在图11A至图11F中所示的示例中,第一障碍物表面1100和第三障碍物表面1104可以是平行的并且可以由此至少部分限定机器人100可以沿其移动的小巷1101。在一些实施方式中,第一障碍物表面1100和第三障碍物表面1104并不是彼此平行的。而是,其相对于彼此成角度并且具有为机器人100的总宽度W1的100%至200%的宽度,例如,为机器人100的总宽度W1的100%至150%、125%至175%或者150%至200%。

[0112] 第一障碍物表面1100和第二障碍物表面1102可以是相邻的表面。第二障碍物表面1102可以位于第一障碍物表面1100和第三障碍物表面1104的一端处。第二障碍物表面1102可以垂直于第一障碍物表面1100和第三障碍物表面1104。就这一点而言,第一障碍物表面1100、第二障碍物表面1102以及第三障碍物表面1104可以形成小巷1101,机器人100可以穿越该小巷但是由于机器人100相对于小巷1101的宽度W2的尺寸而无法轻易地执行类似于关于过程800所描述的内侧拐角穿越过程,例如,沿着第一障碍物表面1100和第二障碍物表面1102。

[0113] 在图10中所示的示例中,过程1000包括操作1002、1004、1006、1008、1010。在过程1000期间,机器人100清洁小巷1101中的至少一部分。例如,机器人100可以执行障碍物跟随行为,其中机器人100沿第一障碍物表面1100行进以清洁地板表面10中邻近于第一障碍物表面1100的部分并由此清洁小巷1101的一部分。尽管图10和图11A至图11F是关于侧表面150沿第一障碍物表面1100行进而进行描述的,但是在其它实施方式中,机器人100可以被控制为使得侧表面152沿第三障碍物表面1104行进。

[0114] 在操作1002处,使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面1100移动。机器人100可以按照类似于关于操作1002所描述的方式进行控制。具体地,控制器109可以操作驱动系统110以使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面1100移动,同时机器人100

的侧表面150面向第一障碍物表面1100。

[0115] 在操作1002期间使机器人100朝向前驱动方向F移动直到检测到第二障碍物表面1102。在操作1004处,检测到第二障碍物表面1102。如图11B中所示,机器人100可以利用机器人100的碰撞传感器139a、139b(如图3B中所示)中的一个或多个和/或利用机器人100的接近传感器136a、136b、136c(如图3B中所示)中的一个或多个来检测第二障碍物表面1102。这种检测可以按照类似于关于操作804所描述的方式发生。在一些实施方式中,按照类似于关于操作806所描述的方式来保持机器人100的位置。

[0116] 在操作1002、操作1004期间,或者在机器人100进入小巷之前,控制器109可以确定第一障碍物表面1100是否是小巷的一部分。控制器109可以基于接近传感器136a、136b、136c中的一个或多个、基于当机器人在清洁操作期间穿越地板表面10时由机器人100生成的地图,或者基于前述的组合来做出该确定。例如,通过利用接近传感器136a,控制器109可以确定第一障碍物表面1100与第三障碍物表面1104之间的距离,例如通过利用接近传感器136a来确定第二障碍物表面1102的宽度。通过利用地图、接近传感器136a、136b、136c或者其组合,控制器109可以确定第一障碍物表面1100与第三障碍物表面1104之间的最大宽度W2为机器人100的总宽度W1的100%至200%,例如,为机器人100的总宽度W1的100%至150%、125%至175%或者150%至200%。如果控制器109做出了此类确定,则控制器109可以启动过程1000而非过程800。

[0117] 在机器人100检测到第二障碍物表面1102之后,在操作1006处,如图11C中所示,使机器人100朝向后驱动方向R沿第一障碍物表面1100移动并远离第二障碍物表面1102。控制器109可以按照类似于关于操作808所描述的方式朝向后驱动方向R移动机器人100。在图11C中所示的示例中,使机器人100朝向后驱动方向移动一定距离。该距离可以为1厘米至15厘米,例如,1厘米至5厘米、3厘米至7厘米、5厘米至10厘米,或者10厘米至15厘米。

[0118] 在操作1008处,如图11D中所示,使机器人100转向从而使得前部122(如图3A中所示)朝向第一障碍物表面1100移动。可以在适当位置使机器人100转向直到检测到第一障碍物表面1100。例如,控制器109可以确定在机器人100与第一障碍物表面1100之间存在接触。这种检测可以按照类似于关于操作814所描述的方式发生。具体地,当机器人100的侧表面150接触第一障碍物表面1100时可以触发碰撞传感器139a、139b中的一个或多个。操作1108可以确认机器人100无法穿越通过第一障碍物表面1100。例如,在其中机器人100可以在接触到第一障碍物表面1100时继续旋转的实施方式中,控制器109可以确定第一障碍物表面1100是可穿越的并且可以因此移动机器人100来超过第一障碍物表面1100进行清洁。

[0119] 在一些实施方式中,障碍物跟随传感器可以在该操作期间进行校准。障碍物跟随传感器可以按照关于操作612所描述的方式来校准。

[0120] 在操作1010处,如图11E中所示,使机器人100转向,从而使得机器人100的前部122移动远离第一障碍物表面1100。可以使机器人100转向足够的量以使侧表面150与第一障碍物表面1100重新对齐。在一些实施方式中,使机器人100转向直到机器人100不再检测到机器人100与第一障碍物表面1100之间的接触。例如,可以使机器人100转向离开第一障碍物表面1100直到碰撞传感器139a、139b被释放,例如不再检测接触。

[0121] 在操作1012处,如图11F中所示,使机器人100朝向后驱动方向R沿第一障碍物表面1100移动。在机器人100朝向后驱动方向R移动时,控制器109可以操作驱动系统110以调节

机器人100的朝向。通过类似于关于操作410所描述的过程,该朝向可以被调节成使得在机器人100沿第一障碍物表面1100移动时侧表面150与第一障碍物表面1100对齐。

[0122] 图12显示了例示说明用于导航机器人以跟随障碍物表面并清洁小巷1301的另一过程1200的流程图(如图13A至图13C中所示)。图13A至图13C显示了机器人100执行过程1200的操作以跟随距第三障碍物表面1304一定距离的第一障碍物表面1300的示意图,同时第二障碍物表面1302位于第一障碍物表面1300与第三障碍物表面1304之间。第一、第二以及第三障碍物表面1300、1302以及1304可以按照类似于关于图11A至图11F所描述的第一、第二以及第三障碍物表面1100、1102以及1104的方式来设置。第一、第二以及第三障碍物表面1300、1302、1304可以至少部分限定小巷1301。

[0123] 在图12中所示的示例中,过程1200包括操作1202、1204、1206、1208、1210、1212、1214、1216、1218。在过程1200期间,机器人100清洁小巷1301的一部分,执行障碍物跟随行为,其中机器人100沿第一障碍物表面1300行进以清洁地板表面10中邻近于第一障碍物表面1300的部分。尽管图10和图11A至图11F是关于侧表面150沿第一障碍物表面1300行进而进行描述的,但是在其它实施方式中,机器人100可以被控制为使得侧表面152沿第三障碍物表面1304行进。

[0124] 在操作1202处,如图13A中所示,机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面1300移动。机器人100可以按照类似于关于操作1002所描述的方式进行控制。具体地,控制器109可以操作驱动系统110以使机器人100朝向前驱动方向F沿第一障碍物表面1100移动,同时机器人100的侧表面150面向第一障碍物表面1100。

[0125] 在朝向前驱动方向F的这种移动期间,可以检测到第一、第二和/或第三障碍物表面1300、1302、1304。例如,当机器人100移动通过小巷1101朝向第二障碍物表面1302时,机器人100的左侧、右侧障碍物跟随传感器可以检测到第一障碍物表面1300和第三障碍物表面1304。左侧和右侧障碍物跟随传感器可以是光学传感器并且可以产生指示第三障碍物表面1304相对于机器人100的接近度以及第一障碍物表面1300相对于机器人100的接近度的读数。在一些实施方式中,机器人100按照类似于关于操作1004所描述的方式来检测第二障碍物表面1302。此外,当机器人100移动通过小巷1101朝向第二障碍物表面1302时,接近传感器136a、136b、136c中的一个或多个(如图3B中所示)可以用于检测第一障碍物表面1300、第二障碍物表面1302以及第三障碍物表面1304。例如,在其中接近传感器136a包括光检测器180和光发射器182、184的实施方式中,接近传感器136a可以用于确定第一障碍物表面1300与光检测器180之间的距离、第二障碍物表面1302与光检测器180之间的距离,以及第三障碍物表面1304与光检测器180之间的距离。

[0126] 在操作1204处,机器人100确定其位于小巷1301中。例如,机器人100可以确定在机器人100沿向前驱动方向F朝向第二障碍物表面1302移动时其无法在适当位置转向。在一些实施方式中,机器人100确定第三障碍物表面1304与机器人100的侧表面152之间的距离足够低,从而使得机器人100在不接触第三障碍物表面1304的情况下无法在适当位置转向一定量,控制器109可以确定机器人100位于小巷中并且因此无法执行内侧拐角障碍物跟随行为,例如,无法执行与过程800相关联的操作中的至少一些。旋转的一定量可以在30度至60度之间,例如,在30度至45度之间,在35度至50度之间,在40度至55度之间,或者在45度至60度之间。

[0127] 机器人100可以基于通过左侧接近传感器、接近传感器136a的光检测器180或其组合采集的数据,来确定第三障碍物表面1304与机器人100的侧表面152之间的距离。在一些实施方式中,机器人100周期地确定其是否位于小巷1301中,例如以一定频率。该一定频率可在0.1Hz至60Hz之间,并且控制器109确定机器人100无法在适当位置转向一定数量的距离,从而确定机器人100位于小巷1301中。该一定数量的距离可以是自机器人100首次检测到机器人100位于小巷1301中开始获取的读数的总数量的百分比,例如在该段时间期间作出的确定的总数量的80%至100%。

[0128] 如果机器人100确定其不位于小巷中,则在操作1206处,可以启动类似于在过程800期间机器人100的行为的内侧拐角障碍物跟随行为。机器人100可以,例如,沿第二障碍物表面1302进行导航。

[0129] 如果机器人100在操作1204处确定其位于小巷1301内,则机器人100在操作1208处在小巷1301中向后移动,如图13B中所示。机器人100可以沿轨迹1308进行导航。针对轨迹1308中的至少一部分1308a,机器人100可以沿第一障碍物表面1300进行导航并且可以按照类似于关于操作1006、1008、1010所描述的方式检测第一障碍物表面1300。

[0130] 在操作1210处,机器人100在小巷1301的中央部分1307内对齐。例如,在启动操作1210之前且在机器人100跟随第一障碍物表面1300通过轨迹1308的部分1308a之后,机器人100朝向小巷1301的中央部分1307移动。中央部分1307可以对应于小巷1301中沿小巷1301的宽度W3的30%至70%延伸的纵向延伸部分,例如30%至40%、40%至50%、40%至60%、50%至60%、或者60%至70%。中央部分1307的中心位于小巷1301的纵向轴线1310上。在操作1210处,在一些实施方式中,机器人100与纵向轴线1310对齐。

[0131] 为了将机器人100与中央部分1307或者纵向轴线1310对齐,控制器109可以使用左侧和右侧障碍物跟随传感器、接近传感器136a或者其组合。在一些实施方式中,通过左侧障碍物跟随传感器所产生的读数与通过右侧障碍物跟随传感器所产生的读数之间的差可以保持在一定范围内,从而使得机器人100距离第一障碍物表面1300和第三障碍物表面1304是基本上等距的。例如,机器人100的中心162(如图3C中所示)与第一障碍物表面1300之间的距离可以为小巷1301的宽度W3的45%至55%,且机器人100的中心162与第三障碍物表面1300之间的距离可以为小巷1301的宽度W3的45%至55%。

[0132] 在一些实施方式中,通过利用接近传感器136a的光检测器180和光发射器182、184,控制器109确定光发射器182、184在其上发射网格点的第一、第二以及第三障碍物表面1300、1302以及1304的部分的距离。由于网格点横跨有限的长度,控制器109可以确定所检测到的第一障碍物表面1300的部分的相对长度,例如第一障碍物表面1300上出现点的部分,以及所检测到的第三障碍物表面1304的部分的相对长度,例如,第三障碍物表面1304上出现点的部分。为了将机器人100与小巷1301的中央部分1307对齐,可以导航机器人100使得所检测到的第一障碍物表面1300的部分的长度基本上等于所检测到第三障碍物表面1304的部分的长度,例如所检测到第一障碍物表面1300的部分的长度是所检测到第三障碍物表面1304的部分的长度的90%至110%。

[0133] 在一些实施方式中,通过利用接近传感器136a的光检测器180和光发射器182、184,控制器109确定在第一障碍物表面1300上出现的点的距离的倾斜度以及在第三障碍物表面1304上出现的点的距离的倾斜度。为了将机器人100与小巷1301的中央部分1307对齐,

可以导航机器人100使得倾斜度基本上相等,例如一个倾斜度是另一倾斜度的90%至110%。

[0134] 在操作1212处,使机器人100向后沿轨迹1308的部分1308b移动。轨迹1308的该部分1308b可以包括一个或多个弧形部分,该一个或多个弧形部分使机器人100朝向第三障碍物表面1304移动并且随后返回朝向第一障碍物表面1300,或者朝向第一障碍物表面1300并且随后返回朝向第三障碍物表面1304。相比于其中机器人100在机器人100向后移动时仅跟随第一障碍物表面1300的实例,该一个或多个弧形部分可以允许机器人100清洁小巷1301的宽度W3的更大的部分。当机器人100沿轨迹1308的部分1308b中的一个或多个弧形部分移动时,可以将机器人100至少部分地保持在小巷1301的中央部分1307内。例如,机器人100的中心162(如图3C中所示)与第一障碍物表面1300之间的距离可以为小巷1301的宽度W3的25%至75%,且机器人100的中心162与第三障碍物表面1300之间的距离可以为小巷1301的宽度W3的25%至75%。如果一个或多个弧形部分包括了多个弧形部分,则针对多个弧形部分中每一个的曲率半径可以彼此不同。

[0135] 在操作1214处,机器人100确定来自障碍物跟随传感器的读数是否指示了机器人100仍然位于小巷1301的中央部分1307内。例如,控制器109可以确定右侧障碍物跟随传感器所产生的读数与左侧障碍物跟随传感器所产生的读数之间的差。如果该差大于一定量,则控制器109可以确定机器人100位于小巷1301的中央部分1307外。在一些实施方式中,在操作1214处,如果来自右侧障碍物跟随传感器的读数不超过来自左侧障碍物跟随传感器的读数1至5倍,例如不超过来自左侧障碍物传感器的读数的1倍、2倍、3倍、4倍或5倍,且来自左侧障碍物跟随传感器的读数不超过来自右侧障碍物跟随传感器的读数3至5倍,例如不超过来自右侧障碍物传感器的读数的1倍、2倍、3倍、4倍或5倍,则读数指示了机器人100位于小巷1301中。如果机器人100在操作1214处确定其不位于小巷1301的中央部分1307内,则通过重复操作1208、1210和/或1212在使机器人的位置与中央部分1307对齐的同时使机器人100继续向后移动。可以按照与中央部分1307对齐的方式使机器人100移动,从而使得可以减小来自障碍物跟随传感器的读数之间的差。

[0136] 如果机器人100确定其位于小巷1301的中央部分1307内,例如,上述差小于一定量,则机器人100在操作1216处确定来自障碍物跟随传感器的读数是否指示了机器人100位于小巷1301外。例如,在操作1214处,控制器109可以确定读数之间的差并未超过阈值,因为读数都非常低,例如,因为机器人100已经离开了小巷1301,如图13C所示。因此,读数指示机器人100可能仍位于小巷1301的中央部分1307中。在此类情况下,控制器109可以通过在操作1216处确定读数不大于较低的阈值而确定机器人100位于小巷1301外。该较低的阈值可以,例如,是障碍物跟随传感器所采集的读数的最大值的1%至25%。如果控制器109确定了机器人100位于小巷1301内,则重复操作1212和1214,从而使得机器人100可以进一步移动离开小巷1301。

[0137] 如果控制器109确定机器人100位于小巷1301外,在操作1218处,使机器人100转向远离第一障碍物表面1300或第三障碍物表面1304。可以使机器人100朝之前机器人100未沿其穿越的障碍物表面的方向转向。例如,如果机器人100之前沿障碍物表面1312穿越,则使机器人100转向远离障碍物表面1312并沿障碍物表面1314移动。另选地,如果机器人100之前沿障碍物表面1314穿越,则使机器人100转向远离障碍物表面1314并沿障碍物表面1314

移动。机器人100可以执行类似于关于操作808、810、812、814、814、816所描述的那些操作并且在操作1218处沿障碍物表面1312、1314进行清洁。

[0138] 在一些实施方式中,第一障碍物表面1300长于第三障碍物表面1304,或者第三障碍物表面1304长于第一障碍物表面1300。在此类情况下,在操作1212处使机器人100向后移动,机器人100可以离开第一障碍物表面1300与第三障碍物表面1304之间的小巷1301。在此类情况下,右侧障碍物跟随传感器与左侧障碍物跟随传感器的读数之间的差可以指示机器人100未与小巷的中央部分1307对齐。控制器109可以相应地继续重复操作1208、1210、1212。在一些实施方式中,为了避免在机器人100不再位于小巷1301中时执行这些操作,控制器109基于接近传感器136a,而非障碍物传感器,来确定机器人100位于小巷1301外。例如,机器人100可以,基于通过接近传感器136a的光检测器180所采集的图像,确定第一障碍物表面1300和第三障碍物表面1304中的一个不再能够被光检测器180检测到。控制器109随后可以相应地执行操作1218以使机器人100转向远离第一障碍物表面1300和第三障碍物表面1304中的一个。

[0139] 附加的替代实施方式

[0140] 已经描述了多个实施方式,包括替代的实施方式。然而,应当理解,其它的替代实施方式也是可能的,并且可以做出各种修改。

[0141] 本文中所述的机器人可以至少部分利用一个或多个计算机程序产品来进行控制,例如有形地体现在例如一个或多个非暂态机器可读介质上的一个或多个信息载体上的一个或多个计算机程序,以用于通过一个或多个数据处理设备执行或者用于控制其操作,例如,可编程处理器、计算机、多个计算机和/或可编程逻辑组件。

[0142] 与本文中所述的控制机器人和抽气站相关联的操作和过程可以通过一个或多个可编程处理器来执行,该一个或多个可编程处理器执行一个或多个计算机程序以执行本文所述的功能。计算机程序可以采用任何形式的编程语言编写,包括编译或解释语言,并且其可以采用任何形式配置,包括配置为独立式程序或者模块、组件、子例程或者适合于在计算环境中使用的其它单元。对本文中所述的机器人和抽气站的全部和部分的控制可以利用,例如,FPGA(现场可编程门阵列)的专用逻辑电路和/或ASIC(专用集成电路)来实现。

[0143] 本文所描述的控制器(例如,控制器109)可以包括一个或多个处理器。适合于执行计算机程序的处理器包括:举例来说,通用和专用的微处理器、以及任何种类的数字计算机的任何一个或多个处理器。一般来讲,处理器将从只读存储区域或随机存取存储区域或两者处接收指令和数据。计算机的要件包括:用于执行指令的一个或多个处理器,以及用于存储指令和数据的一个或多个存储区域设备。一般来说,计算机还将包括或者可操作性地耦合至一个或多个机器可读存储介质(例如用于存储数据的大规模PCB,例如,磁盘、磁光盘、或者光盘),以从其接收数据或者向其传递数据或者两者兼有。适合于体现计算机程序指令和数据的机器可读存储介质包括:所有形式的非易失性存储区域,包括例如半导体存储区域设备(例如EPROM、EEPROM和闪存区域设备);磁盘(例如内部硬盘或移动硬盘);磁光盘;以及CD-ROM和DVD-ROM盘。尽管机器人100的控制器109被描述为控制机器人100的驱动系统110和其它系统并执行本文中所描述的其它操作,但是在其它实施方式中,远程服务器或者本文中所描述的各种控制器的组合均可以用于控制机器人100的操作。

[0144] 尽管机器人100被描述为包括单个侧刷126,但是在其它实施方式中,机器人100可

以包括分别与侧表面150和侧表面152相邻的刷。刷可以分别延伸超过拐角表面156、158。刷126被描述为是可旋转的。在一些实施方式中,刷126是静止刷。

[0145] 尽管机器人100被描述为吸尘清洁机器人,但是在一些实施方式中,机器人100是拖地机器人。例如,清洁组件116可以包括清洁垫,该清洁垫具有与清洁垫的占有面积相对应的清洁区域。

[0146] 在本文中所述的一些实施方式中,侧表面150、152中的一个被描述为邻近于障碍物表面或者沿障碍物表面行进。在其它实施方式中,侧表面150、152中的另一个可以邻近于该障碍物表面或者沿其行进。

[0147] 在一些实施方式中,机器人100被配置成执行除了本文中所描述的那些行为之外的附加行为。例如,机器人100可以执行覆盖行为,其中机器人100穿越房间的内部部分40(如图1中所示)。本文中所描述的障碍物跟随过程可以在机器人100已经执行了覆盖行为之后执行。在一些实施方式中,机器人100在覆盖行为与本文中所描述的障碍物跟随行为之间进行切换。

[0148] 本文中所描述的障碍物表面可以是地板表面10上的障碍物或者地板表面10上方的障碍物(例如,上方悬挂的障碍物)的一部分。障碍物表面可以包括墙壁表面。在一些实施方式中,本文中所述的多个障碍物表面可以是同一障碍物的部分,例如同一连续墙壁的部分。在一些实施方式中,本文中所述的多个障碍物表面可以是不同障碍物的部分,例如,第一障碍物表面可以是抵靠形成第二障碍物表面的墙壁表面的物体的部分。

[0149] 因此,其它实施方式也在权利要求的范围内。

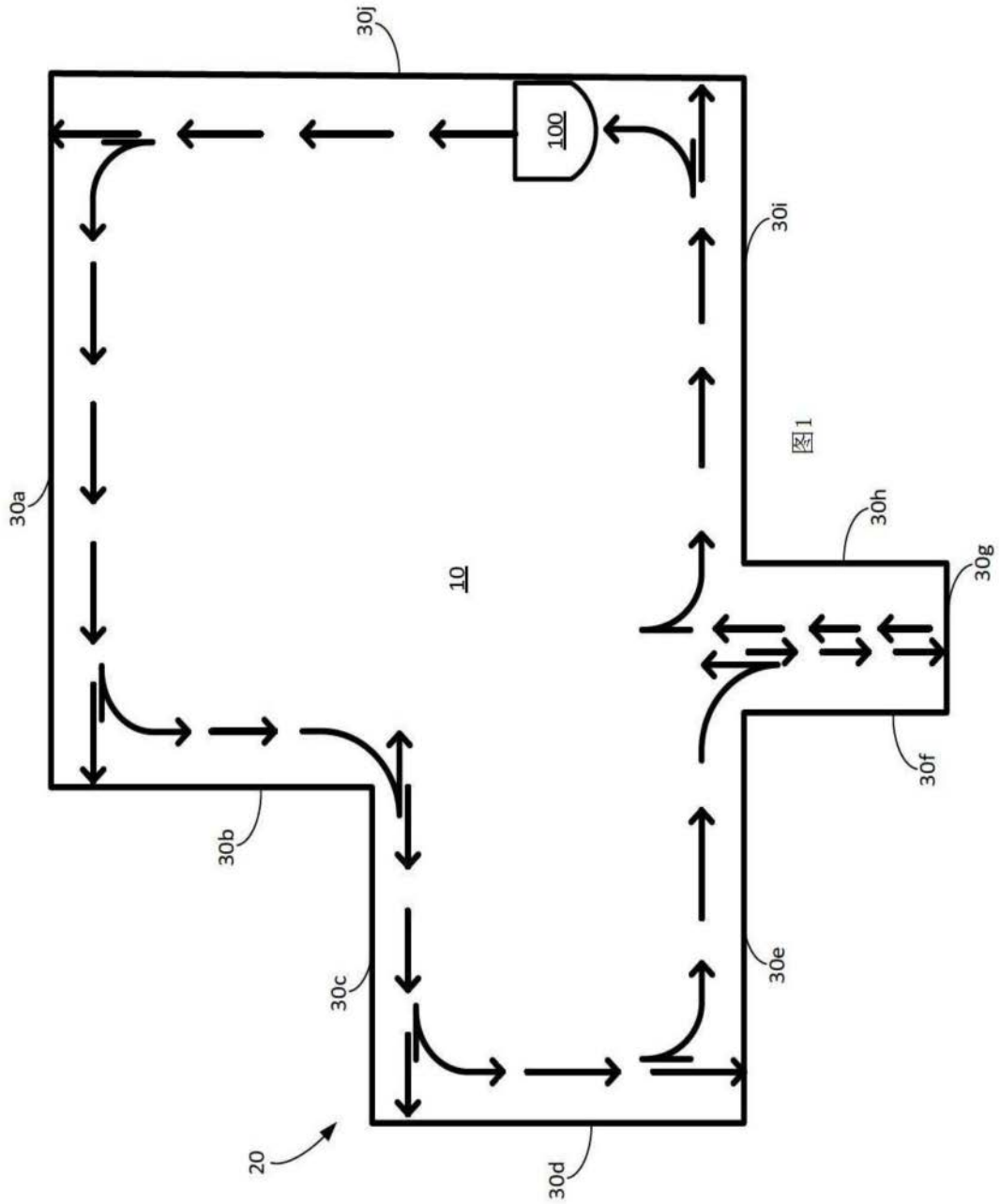


图1

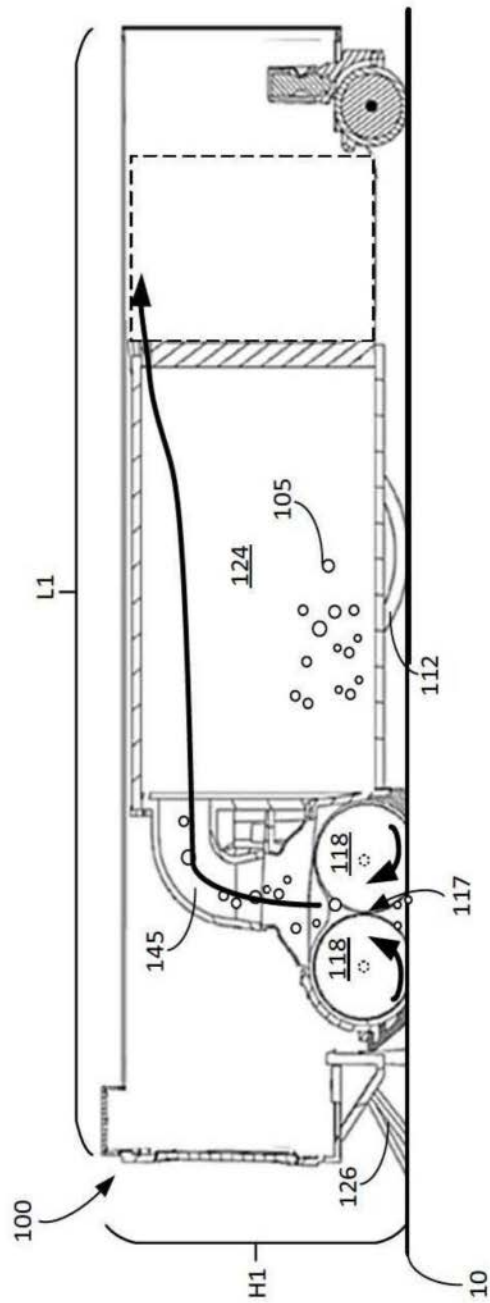


图2

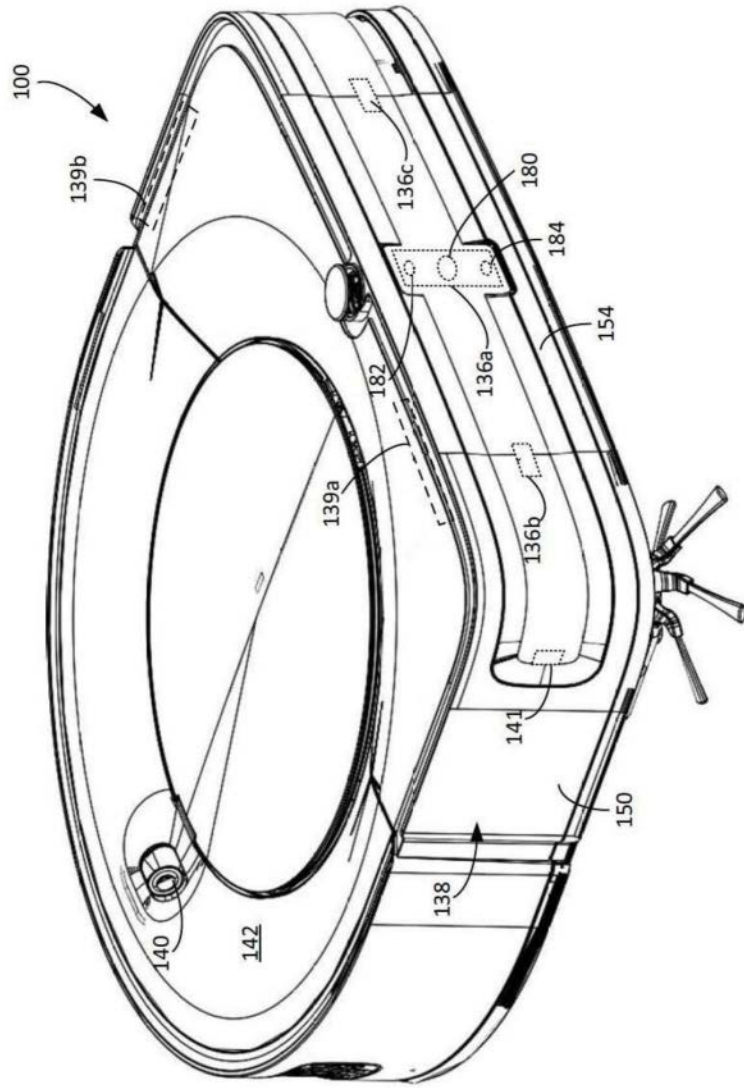


图3B

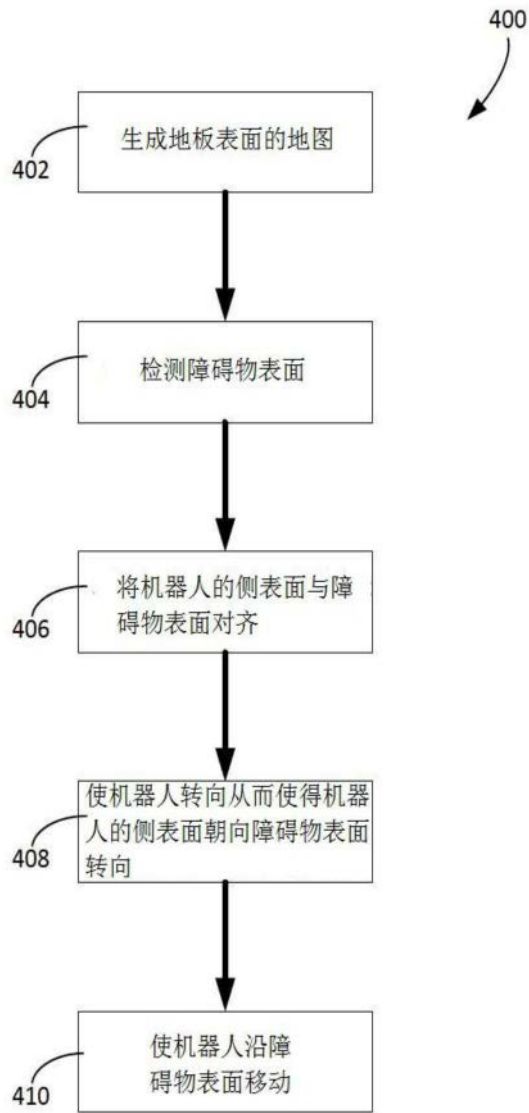


图4

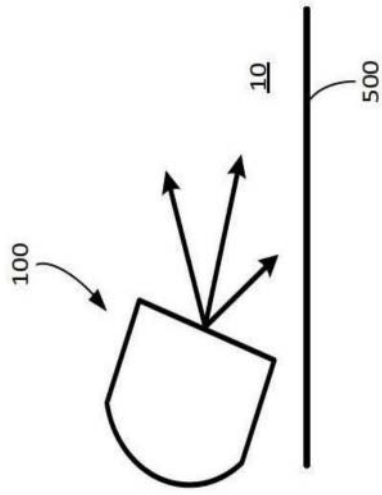


图5A

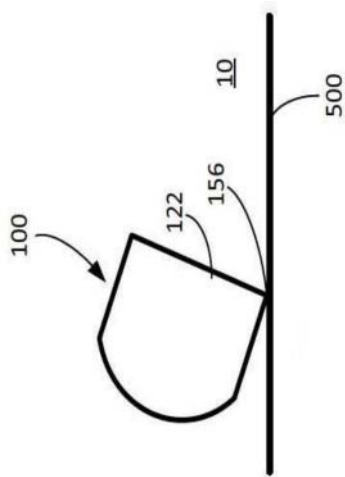


图5B

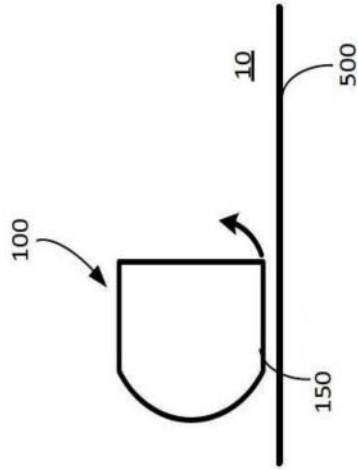


图5C

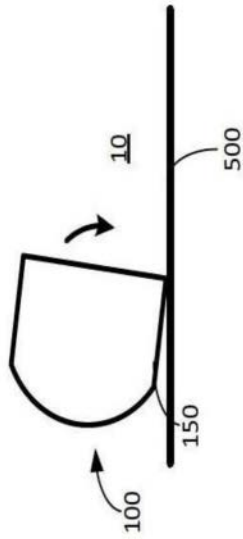


图5D

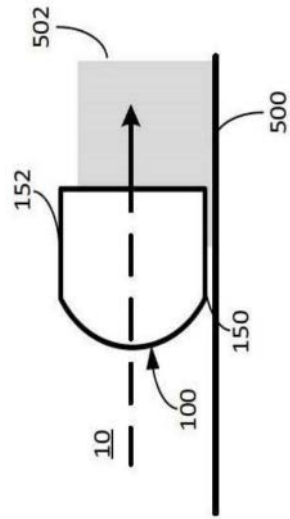


图5E

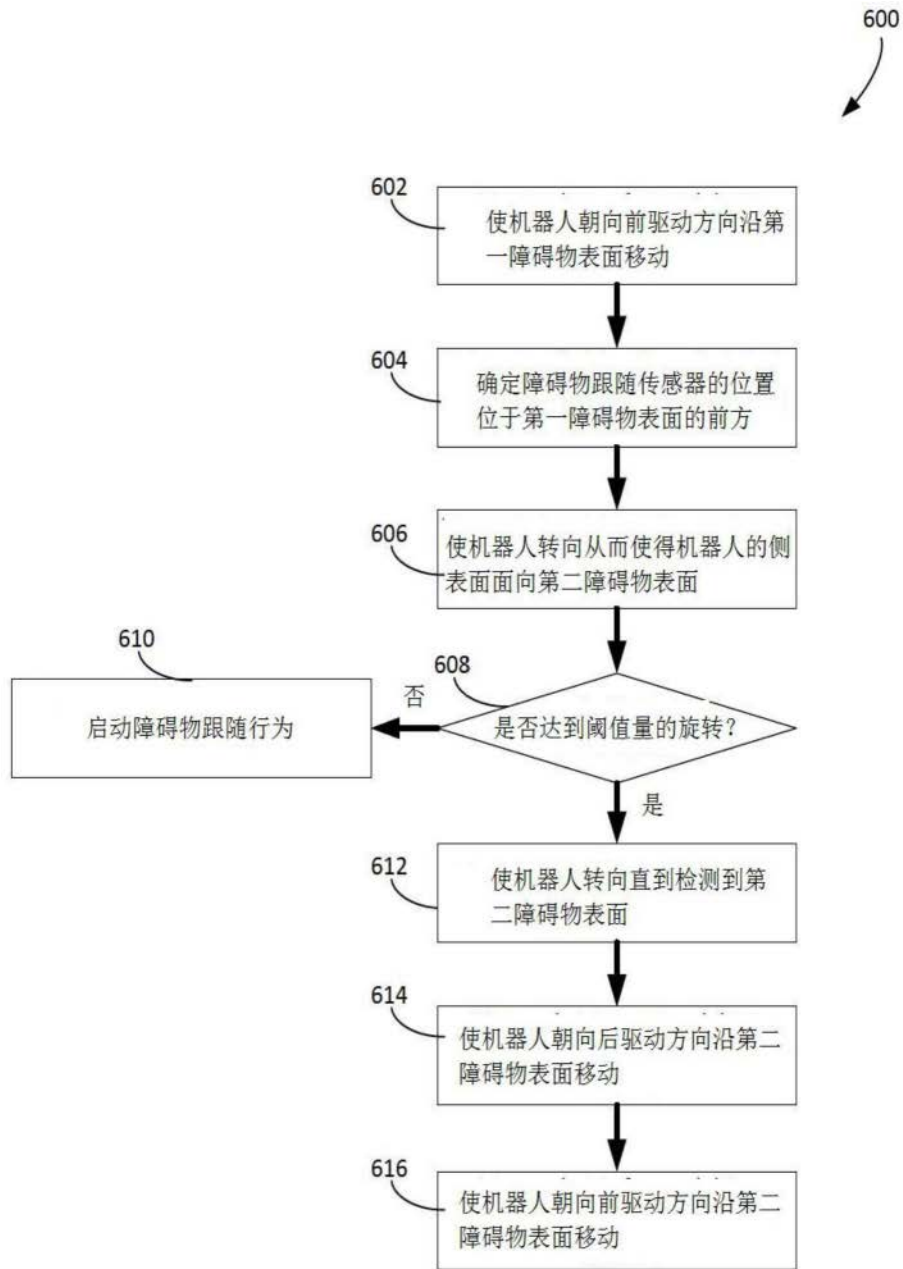


图6

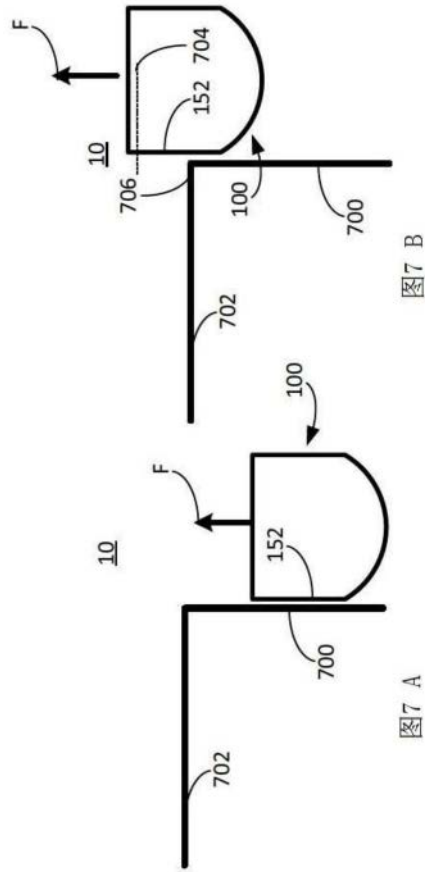


图7 B

图7 A

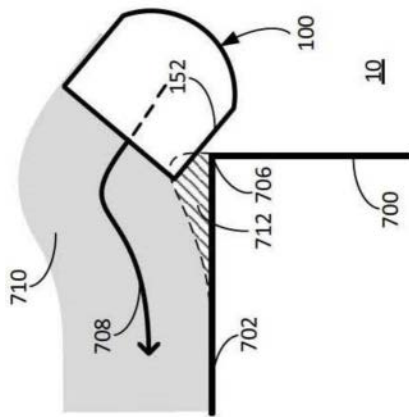


图7C

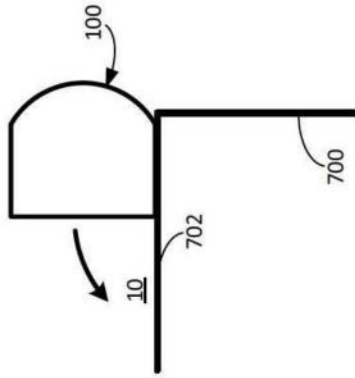


图7D

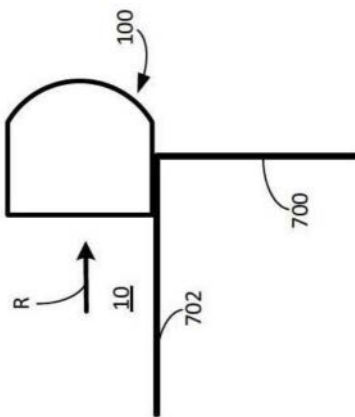


图7E

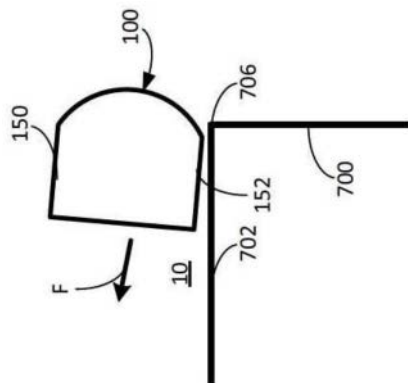


图7F

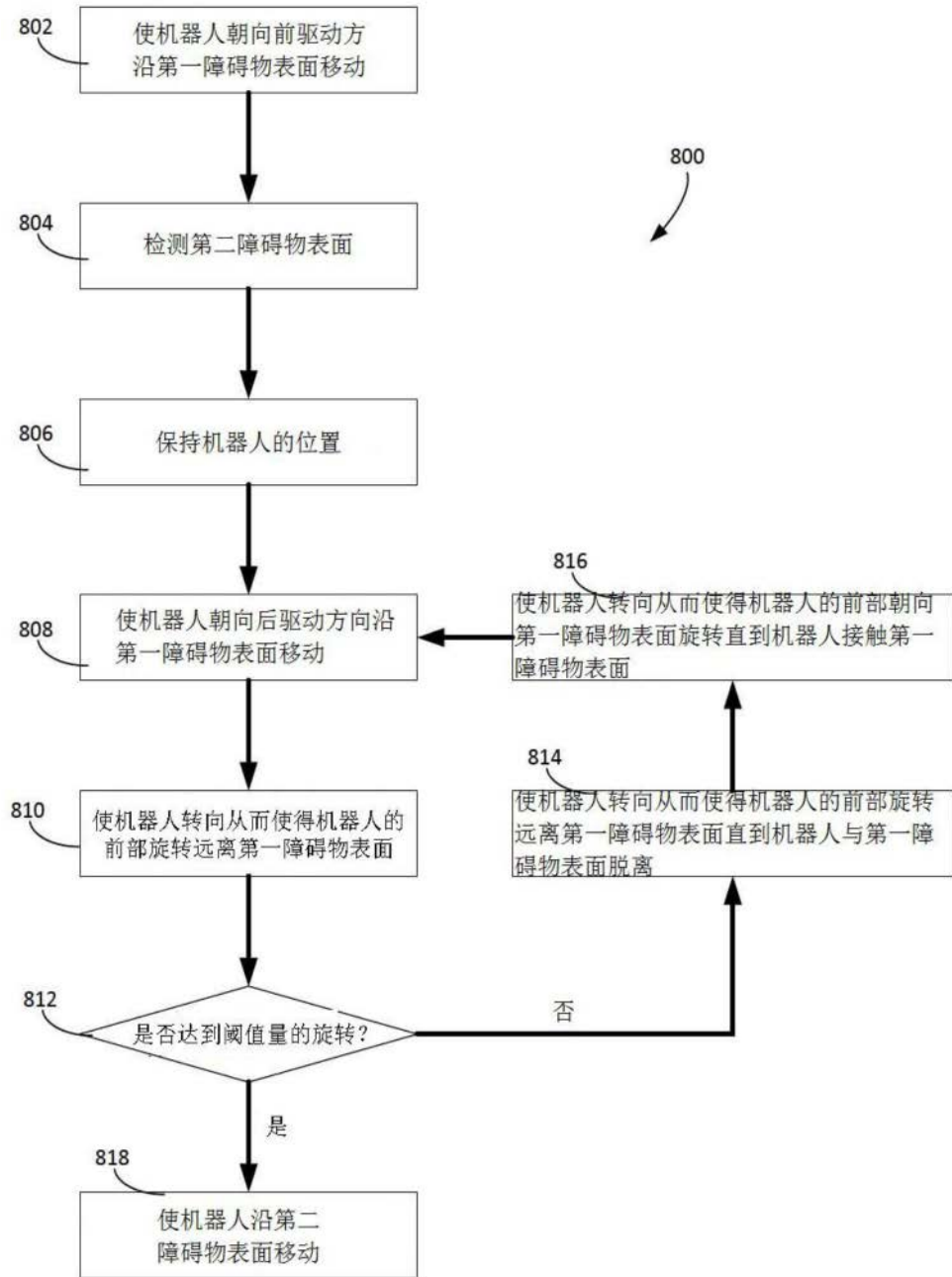


图8

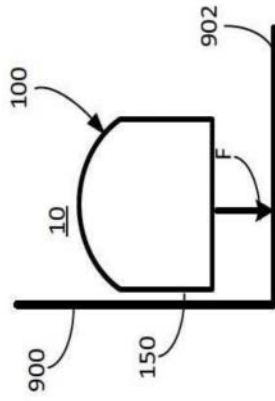


图9A

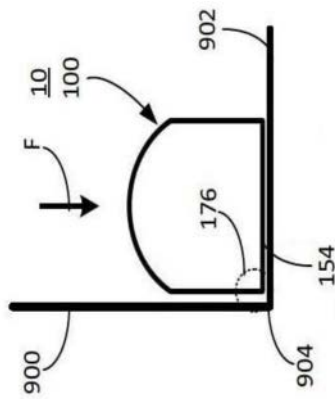


图9B

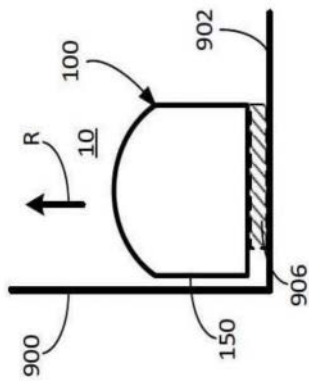


图9C

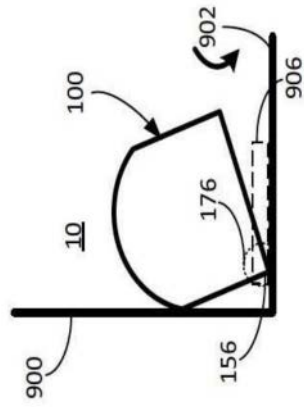


图9D

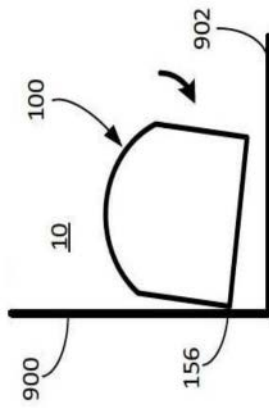


图9E

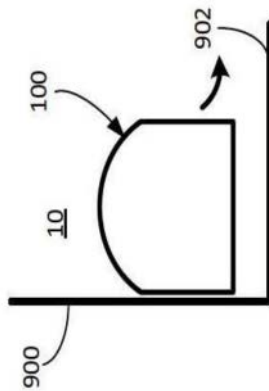


图9F

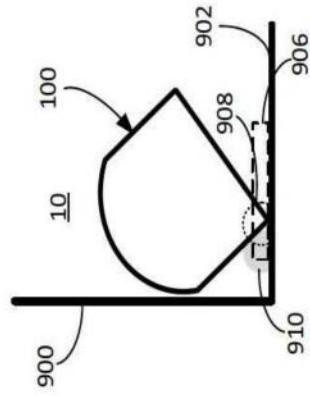


图9G

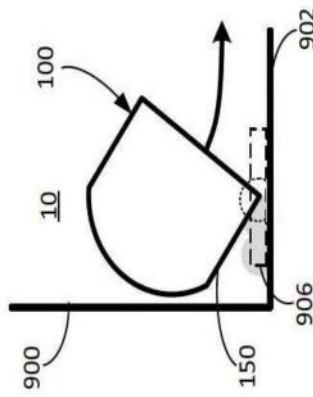


图9H

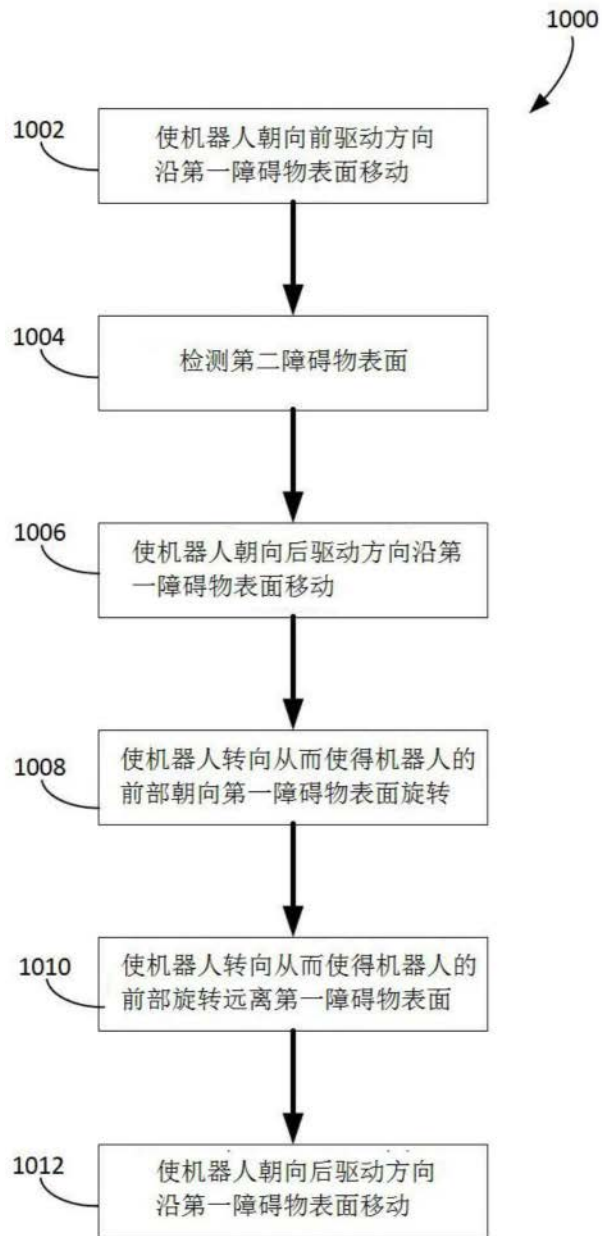
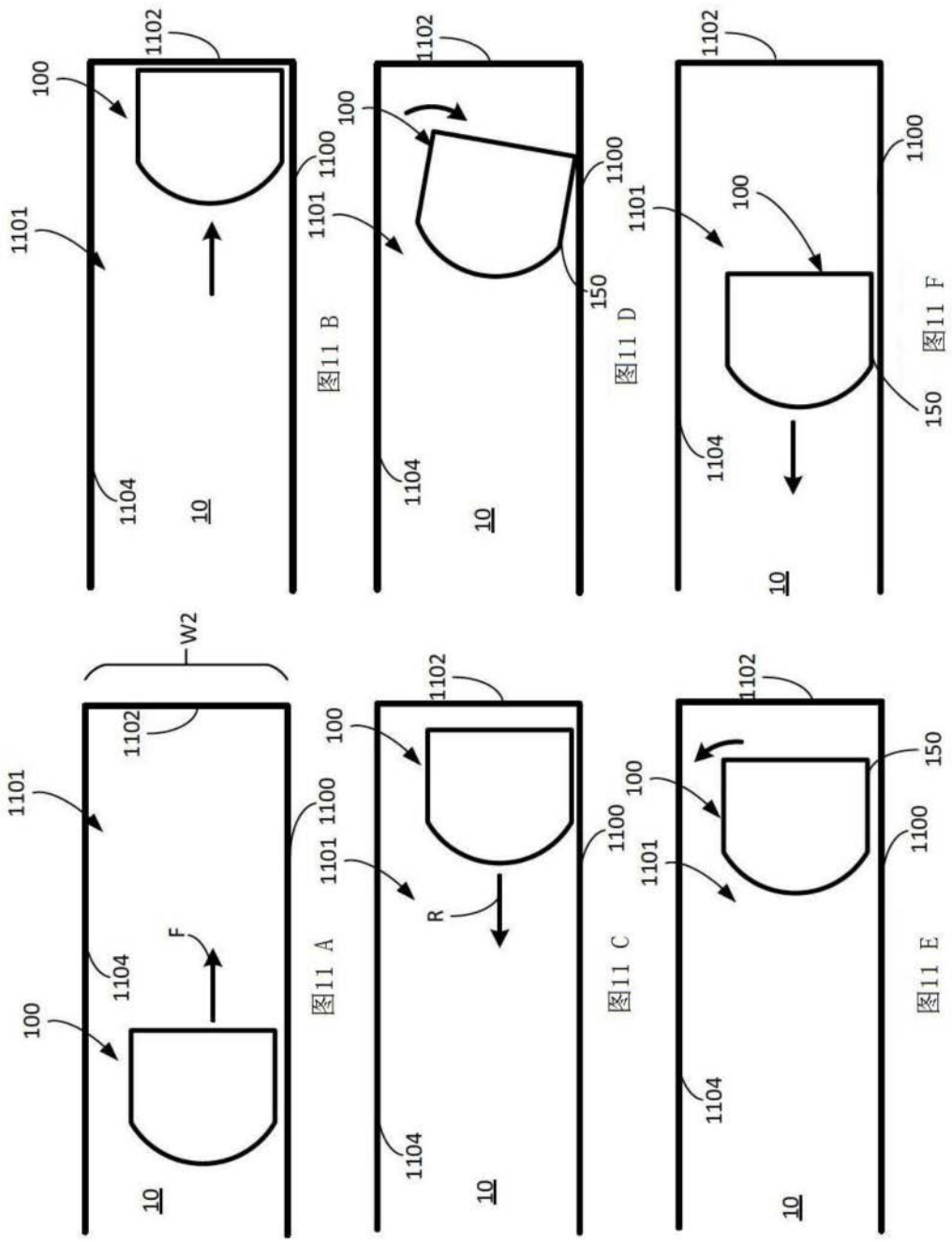


图10



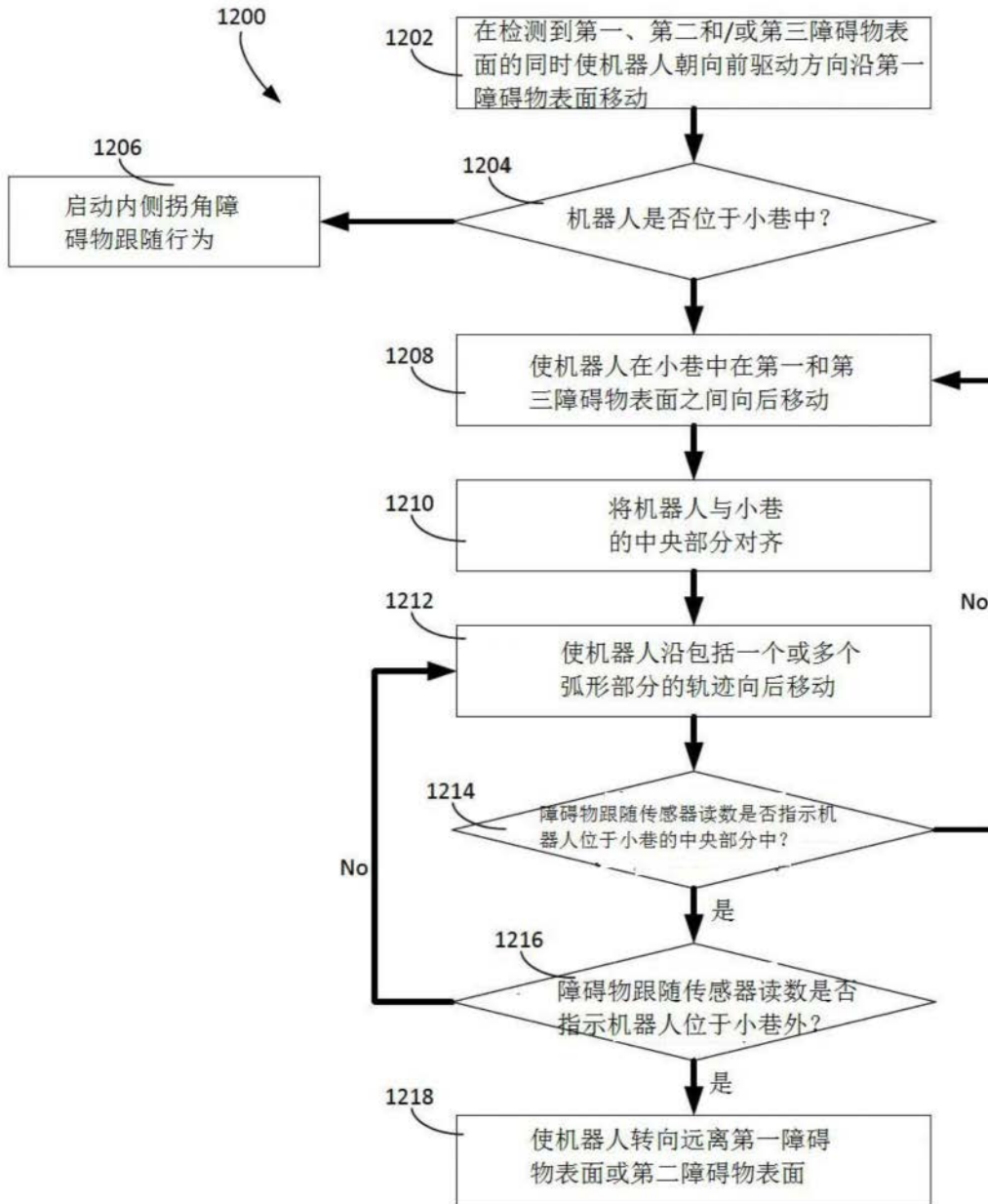


图12

