(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 111093891 B
(45)授权公告日 2022.08.02

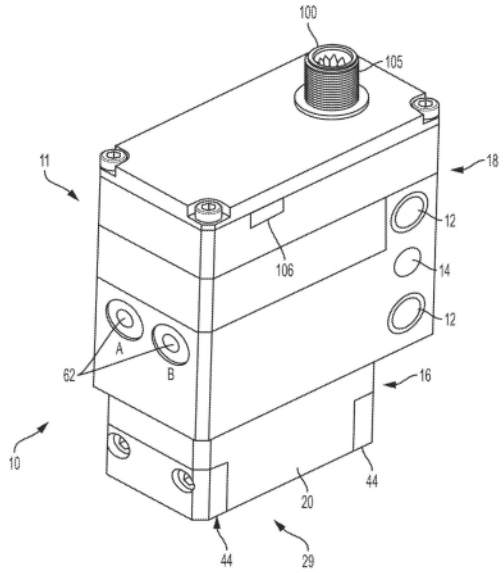
(21)申请号 201880040850.0
(22)申请日 2018.04.27
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111093891 A
(43)申请公布日 2020.05.01
(30)优先权数据
62/490,705 2017.04.27 US
62/490,706 2017.04.27 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.12.19
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/029786 2018.04.27
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/200948 EN 2018.11.01
(73)专利权人 磁转换技术全球私人有限公司
地址 美国科罗拉多州
(72)发明人 D·H·莫顿 T·R·惠特
P·J·卡普 M·C·布兰查德
(74)专利代理机构 北京市铸成律师事务所 11313
专利代理师 章凯 杨阳
(51)Int.Cl.
B23Q 3/15(2006.01)
B66C 1/04(2006.01)
B25B 11/00(2006.01)
H01F 7/02(2006.01)
H01F 7/04(2006.01)
B25J 15/06(2006.01)
G01R 33/02(2006.01)
G01R 33/00(2006.01)
(56)对比文件
CN 104015751 A,2014.09.03
CN 205692091 U,2016.11.16
CN 102360868 A,2012.02.22
CN 1973187 A,2007.05.30
CN 102868281 A,2013.01.09
CN 1543388 A,2004.11.03
CN 101327593 A,2008.12.24
审查员 李江
权利要求书9页 说明书32页 附图27页

(54)发明名称

具有至少一个传感器布置和消磁能力的磁耦合装置

(57)摘要

公开了具有磁场传感器的磁耦合装置。磁耦合装置包括围绕磁耦合装置的磁极延伸靴缠绕的消磁绕组。



CN 111093891 B

1.一种用于与铁磁工件磁耦合的磁耦合工具，包括：

壳体；

可切换磁通源，由所述壳体支撑，所述可切换磁通源包括多个永磁体，所述多个永磁体包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体；

多个工件接合表面，由所述壳体支撑并与所述可切换磁通源磁耦合，所述多个工件接合表面适于与铁磁工件接触，所述多个工件接合表面的第一工件接合表面与所述磁耦合工具的北极相对应，所述多个工件接合表面的第二工件接合表面与所述磁耦合工具的南极相对应，所述第二永磁体相对于所述第一永磁体可移动，以改变所述可切换磁通源的所述第一工件接合表面和所述可切换磁通源的所述第二工件接合表面处的磁通量；

多个磁场传感器，由所述壳体支撑，所述多个磁场传感器的第一磁场传感器定位为监测与所述多个工件接合表面的所述第一工件接合表面相关联的第一磁通量，并且所述多个磁场传感器中的第二磁场传感器定位为监测与所述多个工件接合表面的所述第二工件接合表面相关联的第二磁通量；以及

逻辑控制电路，可操作地耦合到所述多个磁场传感器，所述逻辑控制电路配置成基于所述多个磁场传感器中的至少一个的输出确定所述磁耦合工具的至少一个操作状态。

2.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成确定所述可切换磁通源是否处于关闭状态。

3.根据权利要求2所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路通过将所述多个磁场传感器中的至少一个的输出与存储在所述逻辑控制电路可访问的存储器上的第一阈值进行比较，来确定所述可切换磁通源是否处于关闭状态。

4.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成确定所述多个工件接合表面中的至少一个是否接近所述铁磁工件。

5.根据权利要求4所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路通过将所述多个磁场传感器中的至少一个的输出与存储在所述逻辑控制电路可访问的存储器上的第二阈值进行比较，来确定所述多个工件接合表面中的至少一个是否接近所述铁磁工件。

6.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成确定所述第一工件接合表面与所述铁磁工件的间距。

7.根据权利要求6所述的磁耦合工具，其中，通过将所述第一磁场传感器的输出与存储在逻辑控制电路可访问的存储器上的至少一个阈值进行比较，来确定所述第一工件接合表面与所述铁磁工件的间距。

8.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。

9.根据权利要求8所述的磁耦合工具，其中，通过比较所述第一磁场传感器的输出和所述第二磁场传感器的输出，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。

10.根据权利要求9所述的磁耦合工具，其中，当所述第一磁场传感器的输出和所述第二磁场传感器的输出满足第一标准时，所述逻辑控制电路确定所述第一工件接合表面和所述铁磁工件之间的第一间距与所述第二工件接合表面和所述铁磁工件之间的第二间距总体相等。

11.根据权利要求10所述的磁耦合工具，其中，所述第一标准是所述第一磁场传感器的输出在所述第二磁场传感器的输出的阈值量内。

12.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的位置是否在所述铁磁工件的目标区域内。

13.根据权利要求12所述的磁耦合工具，其中，当所述第一磁场传感器的输出满足第一标准且所述第二磁场传感器的输出满足第二标准时，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的位置在所述铁磁工件的目标区域内。

14.根据权利要求13所述的磁耦合工具，其中，所述第一标准是所述第一磁场传感器的输出在磁通量值的第一范围内，所述第二标准是所述第二磁场传感器的输出在磁通量值的第二范围内。

15.根据权利要求14所述的磁耦合工具，其中，所述磁通量值的第一范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。

16.根据权利要求14所述的磁耦合工具，其中，所述磁通量值的第二范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。

17.根据权利要求13-16中任一项所述的磁耦合工具，其中，当满足所述第二标准且不满足所述第一标准时，所述逻辑控制电路确定包括第一工件接触面的所述磁耦合工具的第一端位于所述目标区域之外。

18.根据权利要求17所述的磁耦合工具，其中，当满足所述第一标准且不满足所述第二标准时，所述逻辑控制电路确定包括所述第二工件接触面的所述磁耦合工具的第二端位于所述目标区域之外。

19.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成基于所述多个磁场传感器的输出，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面在两个旋转轴上相对于所述铁磁工件的取向。

20.根据权利要求19所述的磁耦合工具，其中，所述多个磁场传感器包括第三磁场传感器和第四磁场传感器，所述第一磁场传感器位于所述磁耦合工具的左半部分，所述第二磁场传感器位于所述磁耦合工具的右半部分，所述第三磁场传感器位于所述磁耦合工具的前半部分，所述前半部分包括所述左半部分的第一部分和所述右半部分的第一部分，所述第四磁场传感器位于所述磁耦合工具的后半部分，所述后半部包括所述左半部分的第二部分和所述右半部分的第二部分，所述逻辑控制电路基于所述第一磁场传感器、所述第二磁场传感器、所述第三磁场传感器和所述第四磁场传感器中的每一个的输出，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面在两个旋转轴上相对于所述铁磁工件的取向。

21.根据权利要求19所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成基于所述多个磁场传感器的输出，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面在两个旋转轴上相对于所述铁磁工件的取向，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器均为三维磁场传

感器。

22.根据权利要求19-21中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路还配置成确定所述磁耦合工具相对于所述铁磁工件的间距。

23.根据权利要求22所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成不依赖于所述磁耦合工具相对于所述铁磁工件的取向而确定所述磁耦合工具相对于所述铁磁工件的间距。

24.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路配置成确定磁极延伸靴处的一个或多个工件接合表面是否与所述工件邻接，以及所述一个或多个工件接合表面处对所述工件的支撑是否足够且在预定定位阈值内。

25.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，进一步包括可操作地耦合至所述第二永磁体的致动器，以相对于所述第一永磁体移动所述第二永磁体。

26.根据权利要求25所述的磁耦合工具，其中，所述致动器是步进电机。

27.根据权利要求25所述的磁耦合工具，其中，所述逻辑控制电路可操作地耦合到所述致动器以控制所述第二永磁体相对所述第一永磁体的取向。

28.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体围绕与所述第二永磁体相交的轴线相对于所述第一永磁体可旋转，以改变所述第二永磁体相对于所述第一永磁体的位置。

29.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体围绕与第二永磁体非相交关系的轴线相对于所述第一永磁体可旋转，以改变所述第二永磁体相对于所述第一永磁体的位置。

30.根据权利要求29所述的磁耦合工具，进一步包括，由所述壳体支撑的第一盘片和由所述壳体支撑的第二盘片，所述第二盘片相对所述第一盘片可移动以改变所述第二永磁体相对所述第一永磁体的位置，

其中，所述第一盘片包括：

包括所述第一永磁体的第一多个间隔永磁体，所述第一多个间隔永磁体中的每一个具有北极侧和南极侧，以及

第一多个极部，插入在所述第一多个永磁体的相邻永磁体之间，其中，所述第一多个永磁体的布置使得所述第一多个极部的每一极部是与所述第一多个永磁体的两个永磁体的北极侧相邻的北极部和与所述两个永磁体的南极侧相邻的南极部中的一个；

所述第二盘片包括：

包括所述第二永磁体的第二多个间隔永磁体，所述第二多个间隔永磁体中的每一个具有北极侧和南极侧，以及

第二多个极部，插入在所述第二多个永磁体的相邻永磁体之间，其中，所述第二多个永磁体的布置使得所述第一多个极部的每一极部是与所述第二多个永磁体的两个永磁体的北极侧相邻的北极部和与所述两个永磁体的南极侧相邻的南极部中的一个，其中所述第一磁场传感器与所述第二盘片的北极部中的一个相关联，所述第二磁场传感器与所述第二盘片的南极部中的一个相关联。

31.根据权利要求1所述的磁耦合工具，进一步包括，由所述壳体支撑的多个磁极延伸靴，所述多个磁极延伸靴包括具有所述第一工件接合表面的第一磁极延伸靴和具有所述第

二工件接合表面的第二磁极延伸靴，其中所述壳体包括位于所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴之间的下侧，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴延伸到所述壳体的所述下侧的下方。

32.根据权利要求31所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴从所述壳体可移除。

33.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器位于所述第二永磁体的封套的外部。

34.根据权利要求1所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁场传感器位于所述磁耦合工具的第一半部中，所述第二磁场传感器位于所述磁耦合工具的第二半部中。

35.根据权利要求31-34中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁极延伸靴与与所述第一磁极延伸靴的工件接合表面相对的磁通检测电路表面相关联，所述第一磁场传感器位于与所述第一磁极延伸靴相关的磁通检测电路上方。

36.根据权利要求35所述的磁耦合工具，其中，所述壳体包括第一凹槽，所述第一磁极延伸靴接收在所述第一凹槽中，所述第一磁场传感器位于所述第一凹槽的上方。

37.根据权利要求31-34中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述第二磁极延伸靴与与所述第二磁极延伸靴的工件接合表面相对的磁通检测电路表面相关联，所述第二磁传感器位于与所述第二磁极延伸靴相关联的磁通检测电路上方。

38.根据权利要求35中所述的磁耦合工具，其中，所述壳体包括第二凹槽，所述第二磁极延伸靴接收在所述第二凹槽中，所述第二磁场传感器位于所述第二凹槽的上方。

39.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器位于所述壳体内。

40.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，进一步包括，由所述壳体支撑的至少一个温度传感器，所述逻辑控制电路可操作地耦合到至少一个温度传感器，并且所述逻辑控制电路基于所述温度传感器的输出调整从多个所述磁场传感器中的至少一个接收到的输出。

41.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器均为矢量磁力计。

42.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，进一步包括，由所述壳体支撑的通信模块，其中所述逻辑控制电路可操作地耦合到所述通信模块以与外部控制电子设备连接。

43.根据权利要求31所述的磁耦合工具，进一步包括：

多个消磁电绕组，所述多个消磁电绕组的第一消磁电绕组定位成靠近所述多个磁极延伸靴的所述第一磁极延伸靴，所述多个消磁电绕组的第二消磁电绕组定位成靠近所述多个磁极延伸靴的所述第二磁极延伸靴，其中所述逻辑控制电路可操作地耦合到所述第一消磁电绕组和所述第二消磁电绕组，所述逻辑控制电路被配置成与所述多个消磁电绕组执行消磁周期，所述消磁周期包括在一段时间内用所述第一消磁电绕组和所述第二消磁电绕组产生振荡和交变磁场。

44.根据权利要求43所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴中的每一个包括由各自的第一和第二消磁电绕组覆盖的第一部分，所述第一部分的横

截面积足以将对应的第一和第二消磁电绕组上产生的大体磁通量引导至对应的所述第一和第二工件接合表面。

45.根据权利要求43或44所述的磁耦合工具，其中，在所述消磁周期内所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面均与所述铁磁工件接触，并且所述可切换磁通源处于关闭状态。

46.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，进一步包括提供所述磁耦合工具操作状态的指示的输出装置。

47.根据权利要求1-16中任一项所述的磁耦合工具，进一步包括输出装置，所述输出装置提供多个不同的指示，每个所述指示对应于所述磁耦合工具的多个不同操作状态中相应的一个。

48.根据权利要求47所述的磁耦合工具，其中，每个所述多个不同的指示是从所述壳体外部可视的指示。

49.根据权利要求47所述的磁耦合工具，其中，所述输出装置包括多个灯，控制所述多个灯以提供多个不同的指示。

50.根据权利要求44所述的磁耦合工具，其中，所述第一部分的横截面积足以将对应的第一和第二消磁电绕组上产生的全部磁通量引导至对应的所述第一和第二工件接合表面。

51.一种用于提升铁磁工件的机器人系统，所述机器人系统包括：

机器人臂，包括基座和多个可移动臂段；以及

根据权利要求1-50中任一项所述的磁耦合工具，所述磁耦合装置可操作地耦合到与所述基座相对的第一端的机器人臂上。

52.一种确定根据权利要求1-50中任一项所述的磁耦合工具的至少一种操作状态的方法，所述方法包括以下步骤：

检测与由壳体支撑的可切换磁通源的北极相关联的第一磁通量，所述可切换磁通源包括多个永磁体，包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体，在远离所述磁耦合工具的北极的工件接合表面和所述可切换磁通源的第一侧的位置检测第一磁通量；

检测与所述可切换磁通源的南极相关联的第二磁通量，在远离所述磁耦合工具的南极的工件接合表面和所述可切换磁通源的第二侧的位置检测所述第二磁通量，所述第二侧与所述第一侧相对；以及

基于检测到的所述第一磁通量和检测到的所述第二磁通量中的至少一个确定所述磁耦合工具是否处于第一操作状态。

53.根据权利要求52所述的方法，其中，确定所述磁耦合工具的第一操作状态包括以下步骤：

确定检测到的所述第一磁通量是否满足第一标准；

确定检测到的所述第二磁通量是否满足第二标准；以及

如果检测到的所述第一磁通量满足所述第一标准且检测到的所述第二磁通量满足所述第二标准，则确定所述磁耦合工具处于第一操作状态。

54.根据权利要求53所述的方法，其中，所述第一标准是第一磁场传感器的输出在磁通量值的第一范围内，所述第二标准是第二磁场传感器的输出在磁通量值的第二范围内。

55.根据权利要求54所述的方法，其中，所述磁通量值的第一范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于第一工件接合表面位于相对于铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。

56.根据权利要求55所述的方法，其中，所述磁通量值的第二范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于第二工件接合表面位于相对于铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。

57.根据权利要求53所述的方法，进一步包括步骤，当满足所述第二标准且不满足所述第一标准时，确定包括第一工件接触面的所述磁耦合工具的第一侧位于铁磁工件上目标区域之外。

58.根据权利要求53所述的方法，进一步包括步骤，当满足所述第一标准且不满足所述第二标准时，确定包括第二工件接触面的所述磁耦合工具的第二侧位于铁磁工件上目标区域之外。

59.根据权利要求52所述的方法，其中，所述第一操作状态为所述磁耦合工具处于关闭状态。

60.根据权利要求59所述的方法，其中，确定所述磁耦合工具是否处于所述第一操作状态的步骤包括将所述多个磁场传感器中的至少一个的输出与第一阈值进行比较的步骤。

61.根据权利要求52所述的方法，其中，所述第一操作状态为所述多个工件接合表面中的至少一个接近铁磁工件。

62.根据权利要求61所述的方法，其中，确定所述磁耦合工具是否处于所述第一操作状态的步骤包括将所述多个磁场传感器中的至少一个的输出与存储在逻辑控制电路可访问的存储器上的第二阈值进行比较的步骤。

63.根据权利要求52所述的方法，进一步包括确定第一工件接合表面与铁磁工件的间距的步骤。

64.根据权利要求52所述的方法，进一步包括确定第一工件接合表面和第二工件接合表面相对于铁磁工件取向的步骤。

65.根据权利要求64所述的方法，其中，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件取向的步骤包括比较第一磁场传感器的输出和第二磁场传感器的输出的步骤。

66.根据权利要求65所述的方法，其中，当所述第一磁场传感器的输出和所述第二磁场传感器的输出满足第一标准时，所述磁耦合工具的第一工件接合表面和第二工件接合表面大体平行于所述铁磁工件。

67.根据权利要求66所述的方法，其中，所述第一标准是所述第一磁场传感器的输出在所述第二磁场传感器的输出的阈值量内。

68.一种用于与铁磁工件进行磁耦合的磁耦合工具，包括：

壳体；

可切换磁通源，由所述壳体支撑，所述可切换磁通源包括多个永磁体，所述多个永磁体包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体；

多个磁极延伸靴，所述多个磁极延伸靴中的每个均具有工件接口；所述多个磁极延伸靴耦合到所述壳体以接收来自所述可切换磁通源的磁通量，所接收的磁通量通过所述多个磁极延伸靴的各个工件接口可用于所述铁磁工件；

多个消磁电绕组，所述多个消磁电绕组的第一消磁电绕组位于所述多个磁极延伸靴的第一磁极延伸靴附近，所述多个消磁电绕组的第二消磁电绕组位于所述多个磁极延伸靴的第二磁极延伸靴附近；以及

逻辑控制电路，可操作地耦合至所述可切换磁通源、所述第一消磁电绕组和所述第二消磁电绕组，所述逻辑控制电路配置成(i)使所述第二永磁体相对于第一永磁体定位在第一取向上，并且(ii)通过所述多个消磁电绕组执行消磁周期，所述消磁周期包括在一段时间内通过所述第一消磁电绕组和第二消磁电绕组产生振荡和交变磁场。

69.根据权利要求68所述的磁耦合工具，其中，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴中的每一个包括由各自的第一和第二消磁电绕组覆盖的第一部分，所述第一部分的横截面积足以将对应的第一和第二消磁电绕组上产生的大体磁通量引导至对应的第一和第二工件接合表面。

70.根据权利要求69所述的磁耦合工具，其中，所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面在所述消磁周期内均与所述铁磁工件接触，并且所述可切换磁通源处于关闭状态。

71.根据权利要求69所述的磁耦合工具，其中，所述第一部分的横截面积足以将对应的第一和第二消磁电绕组上产生的全部磁通量引导至对应的第一和第二工件接合表面。

72.一种用于与铁磁工件磁耦合的磁耦合工具，包括：

壳体；

可切换磁通源，由所述壳体支撑，所述可切换磁通源包括多个永磁体，所述多个永磁体包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体；

多个工件接合表面，由所述壳体支撑并与所述可切换磁通源磁耦合，所述多个工件接合表面适于与铁磁工件接触，所述多个工件接合表面的第一工件接合表面与所述磁耦合工具的北极相对应，所述多个工件接合表面的第二工件接合表面与所述磁耦合工具的南极相对应；

多个磁场传感器，由所述壳体支撑，所述多个磁场传感器中的第一磁场传感器位于远离所述第一工件接合表面，并且在所述可切换磁通源第一侧的第一位置，以监测与所述多个工件接合表面的第一工件接合表面关联的第一磁场传感器，并且所述多个磁场传感器的第二磁场传感器位于远离所述第二工件接合表面，并且在所述可切换磁通源第二侧的第二位置，以监测与所述多个工件接合表面的第二工件接合表面关联的第二磁场传感器；以及

逻辑控制电路，可操作地耦合到所述多个磁场传感器，所述逻辑控制电路配置成基于所述多个磁场传感器中的至少一个的输出确定所述磁耦合工具的至少一个操作状态。

73.根据权利要求72所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体能相对于第一永磁体平移。

74.根据权利要求73所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体和所述第一永磁体垂直地堆叠。

75.根据权利要求72所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体能相对于第一永磁体旋

转。

76.根据权利要求75所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体和所述第一永磁体垂直地堆叠。

77.一种用于与铁磁工件磁耦合的磁耦合工具，包括：

壳体；

可切换磁通源，由包括多个永磁体的所述壳体支撑，所述多个永磁体包括第一永磁体和相对于第一永磁体可移动的第二永磁体，所述第二永磁体可围绕与所述第二永磁体相交的轴线相对于所述第一永磁体旋转，以改变所述第二永磁体相对于所述第一永磁体的位置；

多个工件接合表面，由所述壳体支撑并与所述可切换磁通源磁耦合，所述多个工件接合表面适于与铁磁工件接触，所述多个工件接合表面的第一工件接合表面与所述磁耦合工具的北极相对应，所述多个工件接合表面的第二工件接合表面与所述磁耦合工具的南极相对应；

多个磁场传感器，由所述壳体支撑，所述多个磁场传感器的第一磁场传感器定位为监测与所述多个工件接合表面的第一工件接合表面相关联的第一磁通量，以及所述多个磁场传感器中的第二磁场传感器，定位为监测与所述多个工件接合表面的第二工件接合表面相关联的第二磁通量；以及

逻辑控制电路，可操作地耦合到所述多个磁场传感器，所述逻辑控制电路配置成基于所述多个磁场传感器中的至少一个的输出确定所述磁耦合工具的至少一个操作状态。

78.根据权利要求77所述的磁耦合工具，其中，所述第二永磁体和所述第一永磁体垂直地堆叠。

79.一种用于与铁磁工件磁耦合的磁耦合工具，包括：

壳体；

磁通源，由所述壳体支撑，所述磁通源包括多个磁体，所述多个磁体包括相对于所述壳体固定的第一永磁体和相对于所述第一永磁体可设置以提供第一设置和第二设置的第二磁体，在所述第一设置中所述第二磁体的北极与所述第一永磁体的北极对准，所述第二磁体的南极与所述第一永磁体的南极对准，在所述第二设置中所述第二磁体的北极与所述第一永磁体的北极不对准，并且所述第二磁体的南极与第一永磁体的南极不对准；

多个工件接合表面，由所述壳体支撑并且与所述磁通源磁耦合，多个工件接合表面适于接触铁磁工件，所述多个工件接合表面的第一工件接合表面在所述磁耦合工具的第一设置中对应于所述磁耦合工具的北极，并且所述多个工件接合表面的第二工件接合表面在所述磁耦合工具的第一设置中对应于所述磁耦合工具的南极；

多个磁场传感器，由所述壳体支撑，所述多个磁场传感器的第一磁场传感器定位为监测与所述多个工件接合表面的第一工件接合表面相关联的第一磁通量，以及所述多个磁场传感器中的第二磁场传感器，定位为监测与所述多个工件接合表面的第二工件接合表面相关联的第二磁通量；以及

逻辑控制电路，可操作地耦合到所述多个磁场传感器，所述逻辑控制电路配置成基于所述多个磁场传感器中的至少一个的输出确定所述磁耦合工具的至少一个操作状态。

80.根据权利要求79所述的磁耦合工具，其中，所述第二磁体和所述第一永磁体垂直地

堆叠。

81.根据权利要求79所述的磁耦合工具,其中,所述第二磁体是第二永磁体。

82.一种确定根据权利要求72-81中任一项所述的磁耦合工具的至少一种操作状态的方法,所述方法包括步骤:

检测与由壳体支撑的磁通源的北极相关联的第一磁通量,所述磁通源包括多个磁体,包括相对于所述壳体固定的第一永磁体和相对于所述第一永磁体可设置以提供第一设置和第二设置的第二磁体,在所述第一设置中第二磁体的北极与所述第一永磁体的北极对准,并且所述第二磁体的南极与所述第一永磁体的南极对准,在所述第二设置中所述第二磁体的北极与所述第一永磁体的北极不对准,并且所述第二磁体与所述第一永磁体的南极不对准,所述第一磁通量在远离所述磁耦合工具的北极的工件接合表面到磁通源的第一侧的位置被检测到;

检测与所述磁通源的南极相关联的第二磁通量,所述第二磁通量在远离所述磁耦合工具的南极的工件接合表面到所述磁通源的第二侧的位置被检测到,所述第二侧与所述第一侧相对;以及

基于检测到的所述第一磁通量和检测到的所述第二磁通量中的至少一个确定所述磁耦合工具是否处于第一操作状态。

具有至少一个传感器布置和消磁能力的磁耦合装置

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于2017年4月27日提交的标题为“具有传感器布置的磁耦合工具”的第62/490,705号美国临时专利申请和2017年4月27日提交的名为“具有消磁能力的磁耦合工具”的第62/490,706号美国临时专利申请的权利。

技术领域

[0003] 本公开涉及一种具有至少一个传感器的磁耦合装置，该传感器用于确定指示磁耦合装置和铁磁工件之间的磁路质量的一个或多个参数，以及磁耦合装置和铁磁工件之间的相对位置。另外，磁耦合装置可以包括消磁能力。

背景技术

[0004] 有许多装置使用磁场以便将铁磁目标吸引和/或固定到装置的工作面上。示例包括磁夹持装置，例如工件卡盘、永磁体提升装置、磁闩锁，磁工具架等。

[0005] 一般而言，大多数此类装置包括一个或多个磁通源。这些源包括电磁体、永磁体、可切换永磁体单元或布置，及其组合。为了将由磁体提供的磁通量传输到装置的一个或多个工作面，目标将在该工作面上被磁性固定，在制造磁性工作电路时通常使用磁导率极高的极靴或导向器。

[0006] 在许多应用中，从实际工程的角度来看，此类装置的用户主要是对确定施加在目标工作面上的实际(拉)力感兴趣，可以访问在该装置中所用磁体的额定数据，并且磁性工作电路装置内部的所有其他方面都是理想的，包括磁体的高斯额定值。高斯额定值进而允许使用既定公式确定此类磁体可以施加在目标上的最大理论拉力，在该公式中，目标的尺寸、几何形状和铁磁成分使其可以完全磁饱和。即，假设在由磁体、极靴和目标组成的电路之外，尤其是在极靴和目标之间经常存在对拉力产生不利影响的“气隙”工作面处，不存在或仅有可忽略的杂散磁场线存在。一些磁体制造商还会根据实验室测试提供其磁体的最大拉力额定值。

[0007] 众所周知，由磁性装置施加在目标上的实际拉力将不同于从高斯额定值或由实验确定的额定最大拉力所确定的实际拉力。实际的或有效的拉力被许多因素降低，包括接口极靴-目标的不均匀接触(即接口上存在气隙)、接口极靴-目标不垂直于接口上的磁力线、具有“薄”尺寸的目标、导致磁力线在目标内外延伸(杂散和漏磁通泄漏)、目标表面几何形状和涂层等。

[0008] 在使用机器人臂和其他定位装置在目标外和目标上操作位置之间移动装置的磁性装置的情况下，需要考虑除拉力以外的其他因素，例如需要精确定位装置，使其工作面紧靠目标上的特定区域或分区，它可以是一个简单的几何形状，如板或薄金属板冲压，还可以形成更复杂的多曲线形式，例如发动机凸轮轴。

[0009] 由于这些变量中的许多在使用此类磁性装置时难以或不可能预测，因此提出了各种操作方法和测量系统，并将其集成到此类磁性装置中，获取与磁工作回路外部相关的定

性和定量参数的使用和实时信息，相关的目标是否和保持安全地附接到装置的工作面上，拉力是否保持在安全或额定阈值范围内。

[0010] 磁夹持器是工业自动化中处理钢件的常用工具。它们可以获得较大的握持力，并且相对直接地集成到机器人系统中，但是具有下面提到的特定问题。工业上使用的许多磁夹持器都是由气动致动器驱动的。这妨碍了大多数磁性夹持器与全自动过程的控制电子设备连接。没有磁夹持器和控制电子设备之间的接口，机器人(和操作员)就无法从磁夹持器获得关于工具状态或工件处理性能的反馈。

[0011] 在工业上，解决这一问题的一种常见方法是在磁夹持器外部提供额外的传感器，以检测各种工具状态，例如当工具完全打开或完全关闭时，或当目标部件与磁夹持器的工作面接触时。尽管这种添加传感器的方法有效，但是添加许多附加且专用功能的传感器是昂贵的。此外，添加到工具外部的传感器容易受到机器人移动、操作和周围环境的损坏。额外的传感器也增加了布线复杂度，使得机器人臂的集成更加昂贵和困难。

[0012] 无论磁耦合装置和工件之间的布局和接口如何，众所周知，在这种装置处理过程中暴露在磁场中的铁磁工件保留了处理过程中产生的剩磁，特别是当使用强磁场产生足够的拉力来保持工件固定在装置上时。相关地，在许多情况下，希望这样的工件完全或在可行的程度上没有剩磁，例如，在进行磁性处理之后，将要加工的工件或剩磁可能会干扰工件的后续使用。

[0013] 同样众所周知的是，可以通过将工件暴露在强度逐渐减小的交变磁场中来使其消磁，例如，如果工件足够小或移动包括了部件上消磁绕组的工具，则使其通过交流供电的消磁室(或线圈)的磁场，同时产生强度递减的交变磁场，该磁场最终从工件上去除了剩余的磁性。

[0014] 这种方法的一个问题是，它们在工件处理/加工程序中需要一个单独的、专用的额外处理步骤，和/或需要一个单独(附加)的工具/装置来执行操作。

[0015] 在上述背景下，并且特别是考虑到将传感器集成到机器人臂端(EOA，end of arm)电磁耦合工具(例如夹持器和工件传输设备)中的挑战，希望提供一种装置(或工具)，旨在将反馈方法集成到磁耦合工具中，以实现机器人技术中磁技术的出色操作和使用。示例性的反馈方法可以包括：指示目标(即，工件)是否正确地磁性保持在工具的工作面上；指示磁工具臂端(EOAMT)与工件之间的耦合质量；例如，将工具正确地定位在工件目标区域的预定阈值内，检测目标工件相对于EOAMT的接近程度以及其他因素。此外，期望提供具有改善的消磁功能的磁耦合工具。

发明内容

[0016] 本公开的实施例涉及用于提升、运输和/或握持铁磁工件的磁耦合器。

[0017] 在本公开的一个示例性实施例中，提供了一种用于与铁磁工件磁耦合的磁耦合工具。该磁耦合工具包括壳体和由壳体支撑的可切换磁通源，所述可切换磁通源包括多个永磁体。所述多个永磁体包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体。该磁耦合工具进一步包括多个工件接合表面，由所述壳体支撑并与所述可切换磁通源磁耦合，所述多个工件接合表面适于与铁磁工件接触。所述多个工件接合表面的第一工件接合表面与所述磁耦合工具的北极相对应，所述多个工件接合表面的第二工件接合表面与所述

磁耦合工具的南极相对应。该磁耦合工具进一步包括多个磁场传感器，由所述壳体支撑。所述多个磁场传感器的第一磁场传感器定位为监测与所述多个工件接合表面的第一工件接合表面相关联的第一磁通量，以及所述多个磁场传感器中的第二磁场传感器，定位为监测与所述多个工件接合表面的第二工件接合表面相关联的第二磁通量。该磁耦合工具进一步包括逻辑控制电路，可操作地耦合到所述多个磁场传感器。该逻辑控制电路用于基于所述多个磁场传感器中的至少一个的输出来确定所述磁耦合工具的至少一个操作状态。

[0018] 在一个示例中，所述逻辑控制电路用于确定所述可切换磁通源是否处于关闭状态。在其变体中，所述逻辑控制电路通过对比所述多个磁场传感器的至少一个输出与存储在所述逻辑控制电路可访问存储器上的第一阈值，确定所述可切换磁通源是否处于关闭状态。

[0019] 在另一示例中，所述逻辑控制电路用于确定所述所述多个工件中接合表面中的至少一个是否与所述铁磁工件接近。在其变体中，所述逻辑控制电路通过将所述多个磁场传感器中至少一个的输出与存储在所述逻辑控制电路可访问的存储器上的第二阈值进行比较，来确定所述多个工件接合表面中的至少一个接近所述铁磁工件。

[0020] 在其进一步的示例中，所述逻辑控制电路用于确定所述第一工件接合表面与所述铁磁工件的间距。在其变体中，通过将所述第一磁场传感器的输出与存储在逻辑控制电路可访问存储器上的至少一个阈值进行比较，来确定所述第一工件接合表面与所述铁磁工件的间距。

[0021] 在其另一个示例中，所述逻辑控制电路用于确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。在其变体中，通过比较所述第一磁场传感器的输出和所述第二磁场传感器的输出，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。在其进一步的变体中，当所述第一磁场传感器的输出和所述第二磁场传感器的输出满足第一标准时，所述逻辑控制电路确定所述第一工件接合表面和所述铁磁工件之间的第一间距与所述第二工件接合表面和所述铁磁工件之间的第二间距总体相等。在其进一步的变体中，所述第一标准是所述第一磁场传感器的输出在所述第二磁场传感器输出的阈值量内。

[0022] 在另一示例中，所述逻辑控制电路用于确定相对于所述铁磁工件的所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面的位置是否在所述铁磁工件的目标区域内。在其变体中，当所述第一磁场传感器的输出满足所述第一标准且所述第二磁场传感器的输出满足所述第二标准时，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的位置在所述铁磁工件的目标区域内。在其进一步的变体中，所述第一标准是所述第一磁场传感器的输出在磁通量值的第一范围内，所述第二标准是所述第二磁场传感器的输出在磁通量值的第二范围内。仍然在其进一步的变体中，所述磁通量值的第一范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。还是在其一变体中，所述磁通量值的第二范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。仍然在一进一步变体中，当满足所

述第二标准且不满足所述第一标准时，所述逻辑控制电路确定包括第一工件接触面的所述磁耦合工具的第一端位于所述目标区域之外。仍然在一进一步变体中，当满足所述第一标准且不满足所述第二标准时，所述逻辑控制电路确定包括所述第二工件接触面的所述磁耦合工具的第二端位于所述目标区域之外。

[0023] 然而在另一示例中，所述逻辑控制电路用于基于所述多个磁场传感器的输出，在两个旋转轴上确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。在其一变体中，所述多个磁场传感器包括第三磁场传感器和第四磁场传感器，所述第一磁场传感器位于所述磁耦合工具的左半部分，所述第二磁场传感器位于所述磁耦合工具的右半部分，所述第三磁场传感器位于所述磁耦合工具的前半部分，所述前半部分包括所述左半部分的第一部分和所述右半部分的第一部分，所述第四磁场传感器位于所述磁耦合工具的后半部分，所述后半部包括所述左半部的第二部分和所述右半部的第二部分，所述逻辑控制电路基于所述第一磁场传感器、所述第二磁场传感器、所述第三磁场传感器和所述第四个磁场传感器中的每一个的输出，在两个旋转轴上确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。在其另一变体中，所述逻辑控制电路用于基于每一个都是三维磁场传感器的所述多个磁场传感器、所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器的输出，在两个旋转轴上确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件的取向。仍然在其另一变体中，所述逻辑控制电路还用于确定所述磁耦合工具相对于所述铁磁工件的间距。仍然在其另一变体中，所述逻辑控制电路用于确定所述磁耦合工具相对于所述铁磁工件的间距，独立于所述磁耦合工具相对于所述铁磁工件的取向。

[0024] 然而在一个进一步的示例中，所述逻辑控制电路用于确定所述磁极延伸靴处的一个或多个工件接合表面是否与所述工件邻接，以及所述一个或多个工件接合表面处对工件的支撑是否足够且在预定定位阈值内。

[0025] 在另一示例中，该磁耦合工具进一步包括致动器，与所述第二永磁体可操作地耦合以相对于第一永磁体移动第二永磁体。在其一变体中，所述致动器是步进电机。在其另一变体中，所述逻辑控制电路可操作地耦合到所述致动器以控制所述第二永磁体相对所述第一永磁体的取向。

[0026] 然而在其另一示例中，所述第二永磁体相对于所述第一永磁体与所述第二永磁体相交的轴线旋转，以改变所述第二永磁体相对于所述第一永磁体的位置。

[0027] 然而仍然在其另一示例中，所述第二永磁体相对于所述第一永磁体与第二永磁体以非相交关系的轴线旋转，以改变所述第二永磁体相对于所述第一永磁体的位置。在其一变体中，该磁耦合工具进一步包括，由所述壳体支撑的第一盘片和由所述壳体支撑的第二盘片。所述第二盘片可相对所述第一盘片移动以改变所述第二永磁体相对所述第一永磁体的位置。所述第一盘片包括：包括所述第一永磁体的第一多个间隔永磁体，所述第一多个间隔永磁体中的每一个具有北极侧和南极侧，以及第一多个极部，插在所述第一多个永磁体的相邻永磁体之间，其中，所述第一多个永磁体的布置使得所述第一多个极部的每一极部是与所述第一多个永磁体的两个永磁体的北极侧相邻的北极部和与所述两个永磁体的南极侧相邻的南极部中的一个。所述第二盘片包括：包括所述第二永磁体的第二多个间隔永磁体，所述第二多个间隔永磁体中的每一个具有北极侧和南极侧，以及第二多个极部，插在

所述第二多个永磁体的相邻永磁体之间，其中，所述第二多个永磁体的布置使得所述第一多个极部的每一极部是与所述第二多个永磁体的两个永磁体的北极侧相邻的北极部和与所述两个永磁体的南极侧相邻的南极部中的一个，其中所述第一磁场传感器与所述第二盘片的北极部之一相关联，所述第二磁场传感器与所述第二盘片的南极部之一相关联。

[0028] 仍然在另一示例中，该磁耦合工具进一步包括，由所述壳体支撑的多个磁极延伸靴，所述多个磁极延伸靴包括包括所述第一工件接合表面的第一磁极延伸靴和包括所述第二工件接合表面的第二磁极延伸靴，其中所述壳体包括位于所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴之间的下侧，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴延伸到所述壳体的所述下侧。在其一变体中，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴可从所述壳体上拆卸。

[0029] 在其一进一步的示例中，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器位于所述第二永磁体的壳体外部。

[0030] 在其另一示例中，所述第一磁场传感器位于所述磁耦合工具的第一半部中，所述第二磁场传感器位于所述磁耦合工具的第二半部中。在其一变体中，所述第一磁极延伸靴与与所述第一磁极延伸靴的工件接合表面相对的磁通检测电路表面相关联，所述第一磁场传感器位于与所述第一磁极延伸靴相关的磁通检测电路上方。在其另一变体中，所述壳体包括第一凹槽，所述第一磁极延伸靴被接收在所述第一凹槽中，所述第一磁场传感器位于所述第一凹槽的正上方。在其进一步变体中，所述第二磁极延伸靴与与所述第二磁极延伸靴的工件接合表面相对的磁通检测电路表面相关联，所述第二磁传感器位于与所述第二磁极延伸靴相关联的磁通检测电路上方。在其进一步变体中，所述壳体包括第二凹槽，所述第二磁极延伸靴被接收在所述第二凹槽中，所述第二磁场传感器位于所述第二凹槽的正上方。

[0031] 在其一进一步的示例中，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器位于所述壳体内。

[0032] 在其又一进一步的示例中，该磁耦合工具进一步包括，由所述壳体支撑的至少一个温度传感器，所述逻辑控制电路可操作地耦合到至少一个温度传感器，并且所述逻辑控制电路基于所述温度传感器的输出调整从多个所述磁场传感器中的至少一个接收到的输出。

[0033] 在其又一进一步的示例中，所述第一磁场传感器和所述第二磁场传感器每个是矢量磁力计。

[0034] 在其又一进一步的示例中，该磁耦合工具进一步包括，由所述壳体支撑的通信模块，其中所述逻辑控制电路可操作地耦合到所述通信模块以与外部控制电子设备接口。

[0035] 在其另一示例中，该磁耦合工具进一步包括多个消磁电绕组，所述多个消磁电绕组的第一消磁电绕组位于所述多个磁极延伸靴的所述第一磁极延伸靴附近。所述多个消磁电绕组的第二消磁电绕组位于所述多个磁极延伸靴的所述第二磁极延伸靴附近。所述逻辑控制电路可操作地耦合到所述第一消磁电绕组和所述第二消磁电绕组。所述逻辑控制电路被配置成与所述多个消磁电绕组执行消磁周期。所述消磁周期包括在一段时间内用所述第一消磁绕组和所述第二消磁绕组产生振荡和交变磁场。在其一变体中，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴中的每一个包括由各自的第一和第二消磁电绕组覆盖的第一部

分，所述第一部分的横截面积足以将对应的第一和第二消磁绕组上产生的大体且优选的全部磁通量引导至对应的所述第一和第二工件接合表面。在其另一变体中，所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面在所述消磁周期内均与所述铁磁工件接触，并且所述可切换磁通源处于关闭状态。

[0036] 在其又一进一步的示例中，该磁耦合装置进一步包括提供所述磁耦合装置操作状态指示的输出装置。

[0037] 在其一进一步示例中，该磁耦合装置进一步包括输出装置，所述输出装置提供多个不同的指示，每个所述指示对应于所述磁耦合装置的多个不同操作状态中相应的一个。在其一变体中，每个所述多个不同的指示是从所述壳体外部可视的指示。在其另一变体中，所述输出装置包括多个灯，控制所述多个灯以提供多个不同的指示。

[0038] 在本公开的另一示例性实施例中，提供了一种用于提升铁磁工件的机器人系统，所述机器人系统包括机器人臂，包括基座和多个可移动臂段；以及根据任一所述实施例、示例以及变体，所述磁耦合装置可操作地耦合到与所述基座相对的第一端的机器人臂上。

[0039] 在本公开又一示例性实施例中，提供了一种确定磁耦合工具的至少一种操作状态的方法。所述方法包括以下步骤：检测与与壳体支撑的可切换磁通源的北极相关联的第一磁通量，所述可切换磁通源包括多个永磁体，包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体，在远离所述磁耦合工具北极的工件接合表面和所述可切换磁通源的第一侧的位置检测第一磁通量；检测与所述可切换磁通源的南极相关联的第二磁通量，在远离所述磁耦合工具南极的工件接合表面和所述可切换磁通源的第二侧的位置检测所述第二磁通量，所述第二侧与所述第一侧相对；以及基于检测到的所述第一磁通量和检测到的所述第二磁通量中的至少一个确定所述磁耦合工具是否处于第一操作状态。

[0040] 在其一示例中，确定所述磁耦合工具第一操作状态包括步骤：确定检测到的所述第一磁通量是否满足第一标准；确定检测到的所述第二磁通量是否满足第二标准；以及如果检测到的所述第一磁通量满足所述第一标准且检测到的所述第二磁通量满足所述第二准则，则确定所述磁耦合工具处于第一操作状态。在其一变体中，所述第一标准是第一磁场传感器的输出在第一磁通量值范围内，所述第二准则是第二磁场传感器的输出在第二磁通量值范围内。仍然在其进一步的变体中，所述磁通量值的第一范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第一工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。还是在其一变体中，所述磁通量值的第二范围包括第一极限值和第二极限值，所述第一极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第一极限位置处，所述第二极限值对应于所述第二工件接合表面位于相对于所述铁磁工件目标区域的第二极限位置处。在一变体中，所述的方法，进一步包括步骤，当满足所述第二标准且不满足所述第一标准时，确定包括第一工件接触面的所述磁耦合工具的第一侧位于所述铁磁工件上目标区域之外。在另一变体中，所述的方法，进一步包括步骤，当满足所述第一标准且不满足所述第二标准时，确定包括第二工件接触面的所述磁耦合工具的第二侧位于所述铁磁工件上目标区域之外。

[0041] 在其另一示例中，所述第一个操作状态为所述磁耦合工具处于关闭状态。在其一变体中，确定所述磁耦合工具是否处于所述第一操作状态的步骤包括将所述多个磁场传感

器中的至少一个的输出与第一阈值进行比较的步骤。

[0042] 然而在另一示例中，所述第一操作状态为所述多个工件接合表面中的至少一个接近所述铁磁工件。在其一变体中，确定所述磁耦合工具是否处于所述第一操作状态的步骤包括将所述多个磁场传感器中的至少一个的输出与存储在逻辑控制电路可访问的存储器上的第二阈值进行比较的步骤。

[0043] 仍然在其一进一步示例中，所述的方法，进一步包括确定所述第一工件接合表面与所述铁磁工件的间距的步骤。

[0044] 仍然在其一进一步示例中，所述的方法，进一步包括确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件取向的步骤。在其一变体中，确定所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面相对于所述铁磁工件取向的步骤包括比较第一磁场传感器的输出和第二磁场传感器的输出的步骤。在其另一变体中，当所述第一磁场传感器的输出和所述第二磁场传感器的输出满足第一标准时，所述磁耦合工具的第一工件接合表面和第二工件接合表面通常与铁磁工件平行。仍然在其一进一步变体中，所述第一标准是所述第一磁场传感器的输出在所述第二磁场传感器输出的阈值范围内。

[0045] 在本公开又一进一步示例性实施例中，提供了一种用于与铁磁工件进行磁耦合的磁耦合工具。该磁耦合工具，包括：壳体；可切换磁通源，由壳体支撑，可切换磁通源包括多个永磁体，所述多个永磁体包括第一永磁体和相对于所述第一永磁体可移动的第二永磁体；多个磁极延伸靴，每个所述磁极延伸靴有一个工件接口；所述多个磁极延伸靴耦合到所述壳体，以接收来自所述可切换磁通源的磁通量，所接收的磁通量通过所述多个磁极延伸靴的各个工件接口可用于所述铁磁工件；多个消磁绕组，所述多个消磁绕组的第一消磁绕组位于所述多个磁极延伸靴的第一磁极延伸靴附近，所述多个消磁绕组的第二消磁绕组位于所述多个消磁绕组的第二磁极延伸靴附近；以及逻辑控制电路，可操作地耦合至所述可切换磁通源、所述第一消磁绕组和所述第二消磁绕组，所述逻辑控制电路用于(i)将所述第二永磁体相对于所述第一永磁体放置在第一取向上，并且(ii)和所述多个消磁电绕组执行消磁周期，所述消磁周期包括在一段时间内与所述第一电绕组和第二电绕组产生振荡和交变磁场。

[0046] 在其一示例中，所述第一磁极延伸靴和所述第二磁极延伸靴中的每一个包括由各自的第一和第二消磁电绕组覆盖的第一部分，所述第一部分的横截面积足以将对应的第一和第二消磁绕组上产生的大体且优选的全部磁通量引导至对应的所述第一和第二工件接合表面。

[0047] 在其另一示例中，所述第一工件接合表面和所述第二工件接合表面在所述消磁周期内均与所述铁磁工件接触，并且所述可切换磁通源处于关闭状态。

[0048] 在本公开一进一步示例性实施例中，提供了一种磁耦合工具臂端(EOAMT)，用于将铁磁工件磁性地固定到工具的工作面上。该磁耦合工具臂端包括：开关式可切换磁通源；接收所述磁通源的壳体组件；至少两个，磁极延伸靴，每个在与工件接合表面相对的末端包括工件接合表面和磁通检测面，其中所述磁极延伸靴安装在所述壳体上或至少部分形成所述壳体组件的整体部分，从而从所述磁通源接收磁通量并使其在工件接合表面上可用；多个第一磁场检测传感器，数量与磁极延伸靴相等，每个所述传感器位于预定距离，但紧邻相关联的磁极延伸靴的磁通检测表面；以及逻辑控制电路，用于接收来自一个或多个磁场检测

传感器的输出信号，并从所述输出信号中确定工具的下列操作状态中的至少一个：磁通源是否接通或断开，是否存在接近于的铁磁工件，或磁极延伸靴处的多个工件接合表面，以及磁极延伸靴处的一个或多个工件接合表面是否与工件邻接，以及工件在一个或多个工件接合表面处的支撑是否足够且在预定的定位阈值内。

[0049] 在其一示例中，所述第一磁场传感器和所述逻辑控制电路被封装在另一(第二)壳体组件中，所述(第二)壳体组件优选为多件结构，并且固定在所述第一壳体组件上，从而提供具有集成磁场检测和工件-工具接口检测功能的紧凑型EOAMT。

[0050] 在其另一示例中，所述磁通源、所述第一壳体组件和所述极靴都包含在开关式可切换偶极永磁单元中。在其一变体中，所述第一壳体组件是具有中心圆柱孔的铁磁钢壳体组件，其中两个圆柱孔，径向极化的稀土永磁体堆叠在一起，使得其中一个磁体固定在圆柱孔内不旋转，而另一个磁体通过与可旋转磁体连接的致动器(气动、液压或电动)施加外部扭矩时可以自由旋转。在其另一变体中，所述壳体部件包括上部、未凹入部分和下部凹入部分，其中装有长方体极靴，以形成朝向极靴的自由轴向末端处提供的工件接合表面的连续的、基本上无气隙的自由通量传递路径，并且其中与工件接合表面相对的磁通检测表面设置在未凹入的壳体部分的上端面处，所述壳体具有基本上矩形的底面。

[0051] 在其一进一步示例中，除了所述第一壳体组件之外，还提供了第二壳体组件，所述第二壳体组件固定在与工件接合表面相对的所述第一壳体组件的端部。在其一变体中，所述第二壳体组件基本上是非铁磁性的，并且包括至少两个通道，优选地延伸到位于所述第一壳体组件处的磁通检测表面相对的末端开口，并且接收两个所述第一磁场检测传感器中的相应一个。在其另一变体中，所述第二壳体组件包括致动器，所述致动器与容纳在所述第一壳体组件中的可旋转磁体接合，以将磁通源“打开”和“关闭”。

[0052] 仍然在一进一步变体中，所述逻辑控制电路可操作地以从一个或多个第一磁场(和任何其他)检测传感器接收输出信号并从一个或多个输出信号确定工具的一个或多个操作状态，包括中央控制板，优选的是印刷电路板，其中包括预编程或可编程微处理器、带有用于传感器信号采样的模数转换器(ADC)并可选地具有调节功能。其另一变体中，中央控制板的所述逻辑控制电路包括用于将处理器的GPIO(通用输入/输出)与工业24V逻辑接口的附加晶体管。在其另一变体中，所述中央控制板还包括功率调节器，以从工业电源获取24V电压并将其调节至5V和/或3.3V，以供微处理器和其他电路组件使用，并为磁场传感器提供工作电压。仍然在其另一变体中，所述中央控制板包括一系列用于连接通信模块的空白头部，所述通信模块允许所述控制板与外部控制电子设备接口。

[0053] 然而在另一示例中，所述第一磁场传感器是矢量磁力计，尤其是固态线性霍尔效应传感器或磁阻传感器，具有非常小的外形尺寸并嵌入在固态集成电路中。

[0054] 然而又在另一示例中，该磁耦合臂端进一步包括视觉状态指示器，优选地以一个或多个LED的形式，由微处理器驱动，以指示何时存在或不存在一种预定的工具状态，包括何时打开或关闭磁通源，何时所述磁通源处于打开状态，并且所述第一磁场传感器检测到目标的接近，何时工具的工件接合表面在目标上的预定特定区域之外接触工件，以及何时工具与工件的啮合在阈值限制内，显示安全的磁耦合状态。

[0055] 仍然在一进一步示例性实施例中，提供了一种磁耦合工具臂端，用于将铁磁工件磁性地固定到工具的工作面上。该磁耦合工具臂端包括开关式可切换磁通源；第一壳体组

件，在所述第一壳体组件中接收磁通源；一对磁极延伸靴，每个所述磁极延伸靴具有工件接合表面，其中所述磁极延伸靴安装在所述第一壳体部件上，以接收来自所述磁通源的磁通量，并在工件接合表面处提供磁通量；至少一个，但优选地，多个第一磁场检测传感器，数量与磁极延伸靴相等，位于预定距离但靠近通量检测表面，优选地位于与磁极延伸靴相关联的一个工件接合表面的端部；一对消磁绕组，每个所述绕组绕两个磁极延伸靴中关联的一个的一段；以及逻辑控制电路，用于(i)接收来自至少一个磁场检测传感器的输出信号，并根据所述输出信号确定指示磁通源关闭的工具的操作状态，(ii)在检测到磁通源的关闭状态后，为所述消磁电绕组接通电源，和(iii)执行消磁循环，其中消磁电绕组会在预定时间内产生振荡和交变磁场。

[0056] 在其一示例中，所述第一磁场传感器和所述逻辑控制电路被容纳在所述第二壳体组件中，所述第二壳体组件优选地是多件式构造并且被固定到第一壳体组件，以提供具有集成的工件耦合的紧凑EOAMT、磁场检测、工件-工具接口检测和消磁功能。

[0057] 在其另一示例中，所述磁通源、所述第一壳体组件和所述磁极延伸靴都包括在开关式可切换偶极永磁单元中。

[0058] 然而在另一示例中，所述第一壳体组件是具有中心圆柱孔的铁磁钢壳体组件，其中两个圆柱孔，径向极化的稀土永磁体堆叠在一起，使得其中一个磁体固定在圆柱孔内不旋转，而另一个磁体通过与可旋转磁体连接的致动器施加外部扭矩时可以自由旋转。

[0059] 仍然在其另一示例中，所述磁极延伸靴包括至少两个组件，包括以可移除方式固定至所述第一壳体组件的第一极延伸构件，和以可移除的方式延伸至第一构件并限定工件接合表面的第二极延伸构件。在其一变体中，所述消磁绕组环绕所述第二极延伸构件的一段。在其另一变体中，所述第二极靴构件具有适合于工件的形状或几何参数的工件接合表面。

[0060] 然而在另一示例中，所述磁极延伸靴在被所述消磁绕组覆盖的截面中具有足够的横截面面积，以将在消磁绕组通电时产生的大部分磁通量，优选地所有磁通量引向工件接合表面。

[0061] 仍然在另一示例中，所述磁极延伸靴具有，在被消磁绕组覆盖的部分中，足够的横截面面积，以将在所述消磁绕组通电时产生的大部分磁通量引向工件接合表面，并在所述工件接合表面周围产生漏磁通。

[0062] 然而仍然在另一示例中，所述第一壳体组件包括陷入在所述壳体部件相对侧的上部、未凹入部分和下部凹入部分，其中，所述极靴延伸构件是，或包括长方体，所述长方体安装到所述下部凹入部分，以与所述上部、未凹入壳体部分形成朝向极靴的自由轴向末端处提供的工件接合表面的连续的、基本上无气隙的自由通量传递路径，并且其中与工件接合表面相对的磁通检测表面设置在未凹入的壳体部分的上端面处。在其一变体中，所述第一壳体组件包括用于引导从所述逻辑控制电路到所述电消磁绕组的连接引线的通孔。

[0063] 在其一进一步示例中，所述第二壳体组件本质上是非铁磁性的，并且优选地包括至少两个从所述第一壳体组件的通孔延伸到所述逻辑控制电路的通道。

[0064] 然而在其一进一步示例中，所述逻辑控制电路被设计成当所述工具在被磁性固定之后仍保持所述工件接合表面静止在工件上并且磁通源已经关闭以实现与工件的解耦时，执行消磁周期。在其一变体中，所述逻辑控制电路包括中央控制板，优选的是印刷电路板，

其中包括预编程或可编程微处理器以及用于产生交流信号的电路，所述交流信号使消磁绕组产生振荡和交变的消磁磁场。在其另一变体中，所述中央控制板的逻辑控制电路包括用于将所述处理器的GPIO(通用输入/输出)与工业24V逻辑接口的组件。仍然在其另一变体中，所述中央控制板还包括功率调节器，所述功率调节器从工业电源获取24V电压并将其调节到电消磁绕组执行消磁周期所需的工作值。

[0065] 仍然在一进一步示例中，该磁耦合工具臂端进一步包括视觉状态指示器，优选地以一个或多个LED的形式，由微处理器驱动，以指示何时存在或不存在一种预定的工具状态，包括何时打开或关闭磁通源以及何时进行消磁周期。

[0066] 然而在一进一步示例中，所述消磁绕组和可互换磁极延伸靴构件形成可附接到所述第一壳体组件的模块化单元，其中，当用于将所述EOAMT与工件磁耦合时，所述磁极延伸靴构件形成所述EOAMT磁通量传递电路的一部分，并且其中，所述磁极延伸靴构件形成电磁体的一部分，所述电磁体包括在消磁工件时的消磁绕组。

[0067] 根据下面参考附图提供的以下描述，其他方面和可选和/或优选实施例将变得显而易见。

附图说明

[0068] 图1示出了示例性磁耦合工具臂端的透视图；

[0069] 图2示出了图1的磁耦合工具臂端的侧视图；

[0070] 图3示出了图1的磁耦合工具臂端的分解透视图；

[0071] 图4示出了图1的磁耦合工具臂端的示例性可切换永磁单元、磁通源和可更换极延伸板的分解透视图；

[0072] 图5示出了图1的磁耦合工具臂端的第二壳体组件的分解透视图，该第二壳体组件包括用于切换磁通源的示例性致动器、用于与磁通源的壳体和极靴交互的多个示例性磁场传感器，以及用于经由示例性输出装置传送工具状态数据和指示的示例性板上逻辑控制电路；

[0073] 图6示出了图5的逻辑控制电路的部分透视图，其包括示例性耦合传感器印刷电路板装置和具有示例性输入/输出连接器的示例性控制逻辑印刷电路板；

[0074] 图7示出了图6的侧视图；

[0075] 图8示出了包括消磁能力的图1的磁耦合工具臂端实施例的透视图；

[0076] 图9示出了图8的布置的侧视图；

[0077] 图10示出了图8的磁耦合工具臂端的磁通源分解图，该工具是一个开/关可切换的永磁单元，以及具有用于磁通源的磁极延伸靴的消磁模块；

[0078] 图11示出了图8所示的消磁模块之一的分解图；

[0079] 图12示出了在具有图11的消磁模块的消磁周期中使用的示例性消磁波形；

[0080] 图13示出了图1的磁耦合工具臂端的逻辑控制电路的示图；

[0081] 图14示出了图1的磁耦合工具臂端的示例性传感器布局的俯视图；

[0082] 图15示出了图1的磁耦合装置臂端的简化正视图，并且在磁耦合装置臂端的附近没有工件；

[0083] 图16示出了图1的磁耦合装置臂端和通过第一分离从磁耦合装置臂端分离工件的

简化正视图；

[0084] 图17示出了图1的磁耦合装置臂端和通过第二分离从磁耦合装置臂端分离工件的简化正视图；

[0085] 图18示出了图1的磁耦合装置臂端相对于工件左右倾斜的简化正视图；

[0086] 图19示出了图1的磁耦合装置臂端相对于工件前后倾斜的简化正视图；

[0087] 图20示出了图1的磁耦合装置臂部的端部与工件右边缘部分接触的简化正视图；

[0088] 图21示出了图1的磁耦合装置臂部的端部与工件中心部分接触的简化正视图；

[0089] 图22示出了图1的磁耦合装置臂端在第一极限位置与工件接触的简化正视图；

[0090] 图23示出了图1的磁耦合装置臂端在第二极限位置与工件接触的简化正视图；

[0091] 图24示出了在操作期间由磁耦合工具臂端执行的控制逻辑的示例性处理序列，包括校准子程序；

[0092] 图25示出了包括图1的示例性磁耦合装置的机器人系统，该磁耦合装置作为耦合器臂端附接；

[0093] 图26示出了具有多个永磁体和极部的示例性盘片的分解透视图；

[0094] 图27示出了图26的盘片的俯视组装视图；

[0095] 图28示出了图26的盘片的两个实例的透视图；

[0096] 图29示出了图28的处于打开状态的的两个盘片；

[0097] 图30示出了图28的处于关闭状态的的两个盘片；

[0098] 图31示出了具有上部装置和下部装置的示例性磁耦合装置的示意图，每个装置包括排列成线性阵列的多个永磁体和极部，该磁耦合装置处于打开状态；

[0099] 图32示出了处于部分打开状态的图31的磁耦合装置；

[0100] 图33示出了处于部分关闭状态的图31的磁耦合装置；

[0101] 图34示出了示例性线性阵列磁耦合装置的透视图，该线性阵列磁耦合装置包括用于确定磁耦合装置操作状态的传感器和逻辑控制电路；

[0102] 图35示出了图34的线性阵列磁耦合装置的仰视图；

[0103] 图36示出了包括用于确定磁耦合装置操作状态的传感器和逻辑控制电路的示例性圆形阵列磁耦合装置的透视图；以及

[0104] 图37示出了图36的圆形阵列磁耦合装置的仰视图。

具体实施方式

[0105] 在本说明书的附图和前面章节中，术语如“上”、“下”、“轴”和其他参考术语被用来促进对此处所描述技术的理解，而不应被视为确定和限制参考指标，除非上下文另有指示。术语“耦合(couples)”、“耦合(coupled)”、“耦合(coupler)”及其变体包括两种布置，其中两个或两个以上组件直接物理接触，而且两个或两个以上组件不彼此直接接触(例如，组件通过至少第三个组件“耦合”)，但仍然彼此协作或交互。

[0106] 参考图1，示出了示例性磁耦合工具10。磁耦合工具10被配置为与铁磁工件17(参见图21)磁耦合。磁耦合工具10在本文中被描述为用作诸如机器人系统700(参见图25)的机器人系统的臂端(“EOAMT”)单元，但是也可以与用于铁磁材料的其他提升和传输系统一起使用。示例性提升和传输系统包括机器人系统、机械台架、起重机以及提升和/或传输铁磁

材料的附加系统。另外，磁耦合工具10也可以用作固定夹具的一部分，固定夹具用于保持诸如焊接、检查和其他操作的至少一部分。逻辑控制电路23通过监测传感器98能够验证保持在固定夹具上的零件处于正确的位置。

[0107] 参考图1-3，磁耦合工具10包括壳体11和由壳体11支撑的可切换磁通源15(见图3)。可切换磁通源15包括多个永磁体，如所示的永磁体30、32(见图3)，包括第一永磁体30和相对于第一永磁体30可移动的第二永磁体32。第一永磁体30相对于壳体11保持固定。磁耦合工具10还包括由壳体11支撑的多个工件接合表面44。多个工件接合表面44与可切换磁通源15磁耦合，多个工件接合表面44适于接触铁磁工件17(参见图21)。多个工件接合表面的第一工件接合表面44与磁耦合工具10的北极相对应，多个工件接合表面的第二工件接合表面44与磁耦合工具10的南极相对应。

[0108] 磁耦合工具10还包括由壳体11支撑的多个磁场传感器98(见图3)。多个磁场传感器的第一磁场传感器98定位成监测与多个工件接合表面的第一工件接合表面44相关联的第一磁通量；多个磁场传感器中的第二磁场传感器98定位成监测与多个工件接合表面的第二工件接合表面44相关联的第二磁通量。磁耦合装置10进一步包括逻辑控制电路23，可操作地耦合到多个磁场传感器98。逻辑控制电路23用于基于多个磁场传感器98中的至少一个的输出来确定磁耦合工具10的至少一个操作状态。

[0109] 在图1至图11所示的实施例中，磁耦合装置10是设计用于将铁磁工件17磁性固定在工具10的工作面44上的磁耦合工具臂端(即“EOAMT”)。磁耦合工具臂端10包括：开关式可切换磁通源15；壳体11的第一壳体组件22，其接收磁通源15；以及至少两个磁极延伸靴38，每个在与工件接合表面44相对的末端包括工件接合表面44和磁通检测面46。磁极延伸靴38安装在壳体上或至少部分形成第一壳体组件22的整体部分，从而从磁通源15接收磁通量并使所接收的磁通量在工件接合表面上可用。在实施例中，工件接合表面44是壳体22的一部分。工具10进一步包括多个第一磁场检测传感器98。在实施例中，磁场检测传感器的数量与磁极延伸靴38和/或工件接合表面44的数量相等。每个磁场检测传感器98位于预定距离，但紧邻相关联的磁极延伸靴38中的一个的磁通检测表面。在一个示例中，磁场检测传感器98位于相应的磁极延伸靴38内。在所示的实施例中，磁场检测传感器98位于相应的磁极延伸靴38的上方。工具10进一步包括逻辑控制电路23，用于接收来自一个或多个磁场检测传感器98的输出信号，并根据所述输出信号确定工具的下列操作状态中的至少一个：磁通源15接通或断开、是否存在接近磁极延伸靴38处的多个工件接合表面44的铁磁工件17、磁极延伸靴38处的一个或多个工件接合表面44是否与工件邻接以及工件在一个或多个工件接合表面44处的支撑是否足够且在预定的定位阈值内。

[0110] 在一些实施例中，第一磁场传感器98和逻辑控制电路23被封装/接收在另一个(第二)壳体组件18中，该壳体组件18本身可以是多片结构，并且耦合/固定到第一壳体组件22，从而提供一个面积紧凑的带有集成磁场检测和工件-工件接口检测能力的磁耦合工具臂端10。

[0111] 在磁耦合工具臂端10的实施例中，磁通源15、第一壳体组件22和磁极延伸靴38基于由Magswitch Group(申请人的一部分)开发的开关式、偶极永磁单元。特别地，可以使用改进的Magswitch“AR”系列可切换磁通源。

[0112] 在一些实施例中，第一壳体组件22是具有中心圆柱孔24的矩形棱柱铁磁钢壳体组

件，其中堆叠有两个圆柱形、直径极化的稀土永磁体30、32(后者提供开关式磁通源)。其中一个磁体30固定在圆柱孔24内不旋转，而另一个磁体32在施加外部扭矩时使用与可旋转磁体32连接的合适的致动器54(气动、液压或电动)自由旋转。钢制壳体22具有基本上呈矩形的底面，其中中心孔24位于壳体11的中心，并且尺寸设置为使得仅薄壁腹板连接相对的厚壁壳体半部，从而提供了该设备的整个极延伸片，如美国专利号6,707,360所述，其全部公开以引用方式并入本发明。下部磁体30固定在壳体组件22中，其N-S极在薄壁腹板之间分离平面延伸(桥接)，使得磁体的N极和S极延伸到壳体组件22的各自相邻的厚壁部分中(参见图4)。

[0113] 当旋转磁体32相对于固定磁体30旋转以使两个磁体30、32的N极和S极对准时，钢制壳体22变为磁极化，即壳体本身提供部分或两个磁极延伸靴，以将磁通从磁体30、32重新引向两个磁分离的工件接合表面44，工件接合表面44设置在磁极延伸靴38的下表面处的壳体的一个轴向端部。这继而允许在钢制壳体22的两个相对侧之间形成磁路。这将偶极磁通源转变为“打开”，即打开状态。当可旋转磁体32相对于固定磁体30旋转从而部分地但不完全地对齐两个磁体的N极和S极时，钢制壳体22会磁化，即壳体22本身会提供部分或全部磁极延伸靴，以将磁通从磁体30、32引向两个磁分离的工件接合表面44，该工件接合表面设置在位于磁极延伸靴38下表面处的壳体22的一个轴向端部。这继而允许在钢制壳体22的两个相对侧之间形成磁路。与打开状态相比，在工件接合表面44处可用的磁通量减小，并且当两个磁体30、32的N极和S极更加对准时，越接近打开状态下的工件接合表面44处的可用磁通量。这使偶极磁通源15转变为“部分打开”，即部分打开状态。当上部磁体32相对于固定的下部磁体30旋转以反对准N极和S极时，磁路在壳体22内闭合，使单元转变为“关闭”，即关闭状态，并且当目标工件17与工件接合表面44接触时，没有可用磁通量可被目标工件17有效地“结合”，但是在单元10的打开状态或部分打开状态中会发生这种情况。

[0114] 在实施例中，磁场检测传感器98相对于磁极延伸靴38的位置提供用于可切换磁源15的传感系统。无论可切换偶极永磁单元15处于何种切换状态(打开状态、部分打开状态、关闭状态)，在磁极延伸靴38下侧的工件接合表面44附近始终存在一些磁场，提供“漏磁”路径。这种泄漏在可切换永磁单元15的关闭状态下可能非常小，并且可以被限制。然而，漏磁通在很大程度上取决于单元10本身的内部磁路、单元10的打开/部分打开/关闭状态以及单元10与特定目标工件17之间形成的磁路。

[0115] 当单元10处于关闭状态时，其中两个磁体30、32是反对准的，并且在钢制壳体22内部形成闭合磁路时，单元10具有非常小的漏磁通，尽管当适当放置时可通过灵敏的磁场传感器98检测到。当单元10处于打开状态，其中两个磁体30、32对准且在工件接合表面44处或其附近没有充分分流的目标工件17时，漏磁通的水平要高得多。当单元10处于部分打开状态时，漏磁通水平小于打开状态，大于关闭状态。

[0116] 此外，在打开状态或部分打开状态下，漏磁通还取决于单元10的极靴38和工件接合表面44处的工件17之间形成的工作磁路的质量以及工件17本身的尺寸、形状和材料。该磁路的质量主要取决于工件材料的厚度和相对磁导率，以及磁体通过工件接合表面44和工件17之间的接触质量。磁路的质量越高，在与工件17相互作用的极靴38侧检测到的漏磁通就越少。当工件17越厚、工件的相对磁导率越高、极靴38和工件17之间的接触面积越大时，磁路的质量增加。

[0117] 这些“漏磁”效应使得磁场传感器98能够监测和得出包括Magswitch可切换永磁单元或其他合适的可切换磁单元的单元10的各种操作状态。Magswitch"AR"系列装置通常设计用于可拆卸的极靴38。可以选择极靴尺寸和几何形状以适应应用场景，并且可以采用在相对的轴向端部提供两个不同形状的工件接合表面的两用极靴38。

[0118] 在实施例中，第一壳体组件22(横截面为四边形)的下部(下部固定磁体30位于此处)是凹陷的或被加工成在相对的外侧(即厚壁部分)上为两个铁磁极靴38提供符合各自形状的凹座或凹槽29。在实施例中，选择两个极靴38的外部形状以在安装到壳体11时提供四个连续且无台阶的外表面，即，这些外表面形状为矩形棱柱体或长方体。

[0119] 第一壳体组件22的上部、未凹入部分和具有可替换地附接的长方体极靴38的第一壳体组件下部，朝着设置在极靴38的自由轴向终端处的工件接合表面44形成连续的、尽可能无漏磁的自由通量传递路径。在这种情况下，考虑到极靴38在凹座处的无间隙安装，与工件接合表面44相对的磁通检测面46将设置在第一壳体组件22的上端面处。极靴38可以加长，以将工件接合表面44定位在壳体组件22的下侧37(见图3)的下方。

[0120] 在实施例中，除了第一壳体组件22之外，EOAMT 10还将包括第二壳体组件18，该第二壳体组件18固定在第一壳体组件的端部，该端部与磁极延伸靴38的工件接合表面44相对。第二壳体组件18基本上是非铁磁性的，并且包括至少两个通道70(参见图5)，优选地延伸到位于第一壳体组件22处的磁通检测面46相对的末端开口，并且接收两个所述第一磁场检测传感器98中的相应一个。这种布置保护传感器98不受外部损坏，同时确保来自第一壳体组件22处的磁通检测面46的漏磁通采样受其他可能扭曲磁场的铁磁部件的干扰最小化。

[0121] 出于坚固性考虑，并注意到第二壳体部件18的磁性能基本上不会对在第一壳体部件22处通过通量检测面46磁场线的形状(例如成束)产生不利影响，铝合金是优选的材料选择，也可以使用非铁不锈钢。同样，也可以使用具有必要的低相对磁导率的合适的抗冲击聚合物材料(如果需要，可以增强)。在这种情况下，较低的相对磁导率比在极靴38和第一壳体部件22的制造中所使用材料的磁导率低4到6个数量级。在实施例中，第一壳体部件22和极靴38由相同的材料制成。

[0122] 优选地也是矩形的棱柱形的第二壳体部件18可以有利地用于容纳致动器54，该致动器54与容纳在第一壳体部件22中的可旋转磁体32对接，以在打开状态、关闭状态和一个或多个状态之间切换磁通量源15。除了将第一传感器98以不受环境影响的方式容纳之外，还可以密封容纳磁体30、32的孔24，以防止灰尘和水的渗透，从而封闭部分孔的状态。

[0123] 在实施例中，逻辑控制电路23操作以接收来自第一磁场(和任何附加)检测传感器98中的一个或多个的输出信号，并从所述输出信号确定工具10的一个或多个操作状态。在实施例中，逻辑控制电路23包括中央控制板，优选地使用包含预编程或可编程微处理器的印刷电路板，以及用于传感器信号采样和调节(如果需要)的模数转换器(ADCs)，以及允许处理器的GPIO(通用输入/输出)与工业24V逻辑接口的附加晶体管。该电路板还将有利地承载电源调节，从工业电源中获取24V，并将其调节为工业机器人微处理器和电路组件通常使用的5V或3.3V，以及为磁场传感器提供工作电压。

[0124] 此外，中央控制板可以配备一系列空接头，用于接收允许控制板与外部控制电子设备(例如机器人控制器770)连接的通信模块(参见图25)。该连接可以像离散I/O连接一样简单，通过24V逻辑线发送单位开关信号，也可以像全工业以太网连接一样先进。

[0125] 如前所述，中央控制板将有利地使用ADC进行传感器信号采样，但可以同样地将直接模拟输入、滤波和所需的信号调节结合在一起，从而允许微处理器接收和处理来自第一磁场传感器的信号，但同样地，也可以包括其他传感器，例如温度传感器31，可并入第一和/或第二壳体组件中。

[0126] 第一磁场传感器98可以是用于测量磁场总强度的简单标量磁力计。在实施例中，磁场传感器98优选为更复杂和更差分的矢量磁力计，例如固态线性霍尔效应传感器，尤其是可并入集成电路中的双向型磁阻传感器等。线性霍尔效应传感器可以具有非常小的外形尺寸，并且体现在固态集成电路(例如Honeywell SS39ET/SS49E/SS59ET系列)中，因此是第一磁场传感器的优选实施例。由于较小的外形尺寸(例如3x3x1.5 mm)，可以将具有不同磁场检测范围和灵敏度的各种线性霍尔效应传感器合并在一起，例如，在提供第一磁场传感器98时，并且可以使用适当的逻辑电路来切换这些传感器，使得各个传感器的输出信号如果需要，可以进行处理并在必要时进行组合，以获得EOAMT 10磁极延伸靴38的磁通检测面46附近磁场的更清晰图像。在实施例中，磁场传感器98是具有在三个正交方向上感测磁场的能力的三维传感器。一个典型的磁场传感器是型号TLV493D-A1 B6三维磁传感器，可从Infineon Technologies AG获得，该公司位于德国的Am Campeon 1-15，85579Neubiberg。

[0127] 如前所述，在实施例中，诸如温度传感器31之类的附加传感器可以集成在第一壳体组件22处的适当空腔中。逻辑控制电路23的评估电路(更精确地说是微处理器中用于执行信号评估和分析的软件/程序)随后将补偿磁场传感器98的温度相关漂移，以产生更精确的EOAMT 10定位数据。

[0128] 此外，在实施例中，包括附加磁场传感器98。参照图14，单元10的代表性俯视图，磁场传感器98定位成如本文所述的，第一磁场传感器98位于磁耦合工具10的左半部101中，第二磁场传感器98位于磁耦合工具10的右半部103中。另外，第三磁场传感器98位于磁耦合工具10的前半部分105中，第四磁场传感器98位于磁耦合工具10的后半部分107中。前半部分105包括左半部分101的第一部分109和右半部分103的第一部分11。后半部107包括左半部101的第二部分113和右半部103的第二部分115。添加第三和第四磁场传感器98，这提供了可用于确定磁耦合工具10的各种操作状态的附加传感器值，例如基于四个磁场传感器输出的逻辑控制电路23可以在两个旋转轴(例如从左向右倾斜和从前向后倾斜)中确定工件接合表面44相对于铁磁工件17的取向。

[0129] 然后转到逻辑控制电路23的功能块。关于EOAMT 10所需的最简单的信息是磁通源15(单元)的开关状态信息，即处于关闭状态、打开状态或部分打开状态。在关闭状态下，EOAMT 10的漏磁非常小甚至没有漏磁。在打开状态下，即使在具有工件17的近乎完美的磁工作电路上，EOAMT的可切换永磁单元15的漏磁通也比在关闭状态下的漏磁通大得多。因此，在校准过程中，在EOAMT 10的关闭状态下，第一磁场传感器98中的一个或多个读数可以作为校准值或硬编码值存储在与逻辑控制电路23的微处理器相关联的存储器33中(参见图13)，当磁力计读数高于该关闭状态值，或在该关闭状态值上有一定的偏移量时，EOAMT 10可被认为处于打开状态或部分打开状态。当磁力计读数达到或接近校准存储值时，可以认为EOAMT 10处于关闭状态。在实施例中，通过校准过程，第一磁场传感器98中的一个或多个在期望的部分打开状态下的读数，可以作为校准值或硬编码值存储在存储器33中，并且当磁力计读数上升到特定存储读数或在特定存储读数的某个百分比内时，可以认为EOAMT 10

处于相应的部分打开状态。

[0130] 逻辑控制电路23的另一功能块可用于确定当磁通源单元打开或部分打开时，在EOAMT 10的两个磁极延伸靴38的一个或两个工件接合表面44下是否存在铁磁性工件。当不存在EOAMT磁性附接的目标部件(见图15)时，两极靴38之间不存在“真”(即外部工作)磁路。假设工件17与极靴38的间隔足够大从而不扭曲磁场，则磁通量将通过极靴38的较低末端之间(主要在工件接合表面44之间)的空气延伸，有效地表示漏磁通。这还导致磁极延伸靴38的磁通检测面46处存在高漏磁通，从而导致磁场传感器98处的相对高读数。通过在与逻辑控制电路23的微处理器相关联存储器33中存储的给定打开状态或部分打开状态的该“最大漏磁通”，或者硬编码(假定该值将保持不变)，或者通过校准运行，在EOAMT 10的正常操作中，可以确定是否存在工件，通过将磁开关单元置于与存储的“最大漏磁通”参考值相对应的打开状态或部分打开状态，并将电流传感器输出与存储的“最大漏磁通”参考值进行比较，以获得打开状态或部分打开状态。

[0131] 除了检测工件17的存在或不存在之外，逻辑控制电路23还可以在检测到工件存在时提供工件接合表面44与工件17的间距的指示(当前传感器值低于存储的用于存在检测的“最大漏磁通”)。在实施例中，逻辑控制电路23被配置为确定多个工件接合表面44中的至少一个是否接近铁磁性工件17。在一个示例中，当对应传感器98的电流值低于阈值时，逻辑控制电路23确定工件接合表面44中的一个是否接近工件17。阈值可以在校准运行期间确定并存储在存储器33中，并且可以对应于工件接合表面44和工件17之间的已知间距(参见图16)。在一个实施例中，多个阈值存储在存储器33上，每个对应于各自的已知间距。多个存储的阈值使得逻辑控制电路23更准确地确定工件接合表面44和工件17之间的间距，并区分第一间距(见图16)和第二较小间距(参见图17)。其中一个优点是，准确地确定工件接近的能力允许机器人系统(参见图25)以更高的速度移动，直到磁耦合单元10在工件17的第一间距内，然后以较慢的速度移动，直到与工件17接触。在实施例中，对于本文讨论的各种校准运行和值，针对不同类型的铁磁材料执行单独的校准运行或值，因为目标传感器读数可能基于目标铁磁工件的各自尺寸、形状、材料等而不同。

[0132] 在实施例中，逻辑控制电路23被配置成确定第一工件接合表面44和第二工件接合表面44相对于铁磁工件17的取向。在一个示例中，通过比较第一磁场传感器98的输出和第二磁场传感器98的输出来确定第一工件接合表面44和第二工件接合表面44相对于铁磁工件17的取向。当第一磁场传感器98的输出和第二磁场传感器98的输出满足第一标准时，由逻辑控制电路23确定的第一工件接合表面44与铁磁工件17之间的第一间距和第二工件接合表面44与铁磁工件17之间的第二间距大致相等时。在一个示例中，第一标准是第一磁场传感器98的输出在第二磁场传感器98的输出的阈值量内。示例阈值量是绝对差。在另一示例中，阈值量是百分比差。当满足第一标准时，工件接合表面44相对于工件17具有大致相等的间隔(见图17)。当不满足第一标准时，工件接合表面44相对于工件17成一定角度(见图18)。如果结合了第三和第四磁场传感器，如图14所示，除了围绕图18所示的横滚轴的角度外，还可以确定围绕俯仰轴的角度(请参见图19)。

[0133] 除了这些工具状态和工件检测能力之外，在极靴38附近的指定位置中至少两个磁场传感器98的存在和特定位置提供了更高级的反馈。这是因为可以采样、比较和评估与情况有关的漏磁通在单个极靴附近的分布，并且可能不均匀。

[0134] 在实施例中，在磁通源15的打开状态(同样适用于已知的部分打开状态)下，如果带有磁体北极的磁极延伸靴38的工件接合表面44与工件17接触良好，但是带有磁体南极的磁极延伸靴38与工件17的接触不良(见图20)，南极上的漏磁通要多于北极。北极上方的第一磁场传感器98和南极98上方的第一磁场传感器能够检测到这种情况，南极上方的传感器98将返回比北极上方的传感器98更高的读数。在一个示例中，双向霍尔效应传感器用于传感器98。因此，通过分别读取每个传感器98并比较它们之间的读数，逻辑控制电路23能够确定南极与工件17的接触不良。在实施例中，逻辑控制电路具有执行这种评估的功能块，可以在硬件和微处理器软件中实现。在一个示例中，当北极传感器98和南极传感器98读数的差超过存储的阈值量时，逻辑控制电路23确定南极接触不良。

[0135] 在实施例中，逻辑控制电路23被配置为确定第一工件接合表面44和第二工件接合表面44相对于铁磁工件17的放置是否在铁磁工件17上的目标区域121内(见图21)。在一个示例中，当第一磁场传感器98的输出满足第一标准并且第二磁场传感器98的输出满足第二标准时，第一工件接合表面44和第二工件接合表面44相对于铁磁工件17的放置由逻辑控制电路23确定为在铁磁工件的目标区域121(图21-23)内。示例性的第一标准是第一磁场传感器98的输出在磁通量值的第一范围内，示例性的第二标准是第二磁场传感器98的输出在磁通量值的第二范围内。

[0136] 参照图21至图23，示出了目标区域121。工件17被示为具有右端125和左端129的材料板。目标区域121是工件17在工件17右端125的第一偏移123与左边17的第二偏移127之间的部分。在一个示例中，当工具10接近和/或超过第二偏移127时，由于左磁极延伸靴靠近工件17的左端129，与左磁极延伸靴38相关的漏磁通高于与右磁极延伸靴38相关的漏磁通。类似的方式，当工具10接近和/或超过第一偏移123时，由于右磁极延伸靴靠近工件17的右端125，与右磁极延伸靴38相关的漏磁通高于与左磁极延伸靴38相关的漏磁通。尽管示为线性目标区域121，但可以为工件17的长度和宽度定义一个二维目标区域121。在一个示例中，执行校准运行，其中将工具10放置在第一极限123(见图23)和第二极限127(见图22)的每个中，并且在两个极限处磁通传感器98的对应的漏磁通值储存在存储器33中。将第一极限位置(见图23)存储的两个漏磁通值作为“极限位置1”(两个值，每个传感器98一个)存储在存储器33中。将在第二极限位置(参见图22)的两个漏磁通值作为“极限位置2”存储在存储器33中(两个值，每个传感器98一个)。在实施例中，第一标准的第一范围是磁场传感器98中的一个在极限位置1和极限位置2之间并包括在极限位置1和极限位置2处的值，第二标准的第二范围是其他磁场传感器98在极限位置1和极限位置2之间并包括在极限位置1和极限位置2处的值。假设该值的第一范围对应于单元10的左侧传感器98，该值的第二范围对应于单元10的右侧传感器98，逻辑控制电路23确定当第二标准被满足而第一标准不被满足时，工具10的左端位于目标区域121之外，类似的当第一标准满足且不满足第二标准时，工具10的右端位于目标区域121之外。

[0137] 在实施例中，使用(存储)存储器33上的极限位置V和极限位置2’校准值，使得工具用户仅可在形成特定磁工作回路(如果校准为相同位置)或在磁工作回路范围内(如果校准为两个不同位置)时校准工件当前信号。南北极信号位置可以相当于极限位置1/2的“最大泄漏”位置，也可以在最大泄漏位置之外。这些校准允许所谓的双空白检测(DBD，double blank detection)和部分特定或范围特定的确认。南北极位置超出极限位置的自由度是为

了给用户更多的自由，特别是当在薄钢板边缘着陆时。

[0138] 在实施例中，还可以使用这种多传感器方法来提供附加的工具状态数据。在上述情况下，除了比较两个传感器读数，以确定工具的大致状态和在磁极延伸靴的工件接合表面附近的是否存在，还可以通过在离工件更近的地方(即已经检测到存在，但尚未量化的接近)，从每个传感器中获得更多的区分和精确的磁场测量，并且对每个传感器信号的值和磁力计读数之间的差值进行计算，可以确定工具相对于工件的取向，例如包括工具10的磁体夹持器相对于扁钢工件的角度。

[0139] 更进一步地，根据具有已知参数(尺寸、形状、材料等)的预定工件使用工具10的校准运行，并通过将在各种校准运行期间从传感器输出信号的处理中获得的评估电路数据存储在存储器中，特别是如图14所如果附加磁场传感器放置在先前指定位置以外的位置时，甚至可以在磁极延伸靴接触工件之前完全确定相对于EOAMT的位置到工件目标表面的取向和距离，。由于单元10在任何状态下发射漏磁通，甚至在关闭状态下，非常敏感的传感器能够响应从处于关闭状态的传感器检测表面的极靴发射的漏磁通的微小变化。当EOAMT处于关闭状态或已知的部分打开状态接近工件时，那么足够敏感的磁力仪可以指示接近组件，并且可以将信号转换为机器人臂的控制信号，以作为另一种盲机器人的一种“视觉”。

[0140] 例如，假设总共有四个磁力计，一个在北极靴的磁通检测表面，一个在与磁通源相关联的南极靴的磁通检测表面，如前所述，另外两个传感器在其他位置(例如，图14中所示)移动时，如果将EOAMT移向工件，且其中一个传感器比其他传感器更靠近(以绝对值表示)，则该传感器附近的漏磁通线密度会增加，从而将其聚焦在工件上。在使EOAMT更加靠近工件时(在不改变与机器人臂末端相连的壳体组件的空间姿态和平移方向的情况下，磁通线会在整个壳体组件上重新分布得更加强烈，并具有磁通线的密度最接近的传感器与传感器和工件之间的距离成反比，这会比接近传感器在磁力计中产生更高的读数。通过比较接近磁力计的输出与其他3个磁力计的信号输出，通过评估数据，可以知道在已知的传感器与极靴的工作面之间存在空间关系的情况下，工件与EOAMT的工作面之间的距离。

[0141] 在对EOAMT磁力计的输出进行精确计算时，当磁通源打开并与工件建立接触时，可以启用其他功能。工作磁路中的磁通量与工作磁路能够承受的物理力之间存在直接关系，在磁耦合工具的情况下，物理力与工具的有效载荷相对应。由于永久磁体的漏磁通取决于主电路中消耗的磁通量的多少(即束缚)，则漏磁通与耦合工具能够维持的最大有效载荷之间存在相关性。在一个实施例中，对逻辑控制电路23的微处理器进行编程，通过适当的公式，并且可以执行校准运行，使得工具上磁力计的组合读数可以用于导出比已知设备更精确的EOAMT握持力。这可以用作“安全检查”，以确保EOAMT能够在被机器人移动之前提升工件。

[0142] 在所有这些情况下，逻辑控制电路23的微处理器负责接收来自EOAMT每个磁力计98的输入并执行计算和比较。微处理器然后根据计算结果确定各种工具状态。在实施例中，工具10将确定的工具状态和反馈点传送到外部机器人控制器770(参见图25)。这由24V输入/输出或通信模块39处理。一旦反馈被传送到机器人控制器770，机器人控制器770就能够调整工具10的方向和操作，以解决操作中的挑战或问题。

[0143] 应当理解，逻辑控制电路23包括执行隔离、过滤和放大由传感器提供的信号，以供EOAMT 10的板上微处理器处理所需的组件。

[0144] 在实施例中，EOAMT 10包括输入设备41和输出设备43。示例性输入设备包括按钮、开关、控制杆、刻度盘、触摸显示器、软键和通信模块39。示例性输出设备包括视觉指示器、音频指示器和通信模块39。示例性视觉指示器包括显示器、灯和其他视觉系统。示例性音频指示器包括扬声器和其他合适的音频系统。在实施例中，工具10包括简单的视觉状态指示器，其形式为位于LED窗口106后面的一个或多个LED，由逻辑控制电路23的微处理器驱动，以指示何时存在或不存在预定义的工具状态(例如，当磁通源15关闭时红色LED亮起，当磁通源15打开并接近目标17时绿色LED闪烁迅速，当在目标17的特定区域121外与目标17接触时(例如部分完全磁工作电路)绿色LED同时黄色LED缓慢闪烁，并且黄色LED熄灭，绿色LED稳定亮起，表明工具在阈值区间内接合，表明安全的磁耦合状态。

[0145] 参考图1至图29，提供了关于工具10的实施例的附加细节。参考图1和图2，示出了工具10的一个实施例，该实施例可以通过紧固结构12、14集成为机器人材料处理设备700(参见图25)中的臂端工具，在这种情况下，该结构12、14是工具10的壳体部件中的螺纹孔和定位销孔，适于容纳紧固螺栓(未示出)。本领域技术人员已知用于将工具10固定到机器人系统700的机器人臂704或其它类型的定位设备的其它布置/接口。

[0146] 工具10包括磁场检测传感器98，以及带集成微处理器的板上传感器输出信号处理电路、逻辑控制电路23，逻辑控制电路23反过来提供各种工具状态信息数据，这些数据可由机器人系统700的控制器770可视化显示和/或使用，以确定工具10处于打开状态、部分打开状态或关闭状态；工具10是否已正确定位(在预定阈值内)在工件17的目标区域121上(见图21)；工具10与目标工件17之间是否建立了安全的磁工作电路；并通过机器人臂704协助定位工具10。

[0147] 工具10包括两个子组件、可切换永磁组件16和致动器以及电子传感器和反馈组件18。图3是整个工具10的分解图，而图4和图5分别示出永磁组件16和致动器54以及电子传感器和反馈组件18。

[0148] 参照图4，示出了美国专利7,012,495(Magswitch)中所述的可切换永磁装置20的实施例，其全部公开内容通过引用明确地并入本文中。可切换永磁装置20是由Magswitch Technology Inc.制造和销售的AR型Magswitch装置的改进版本。装置20包括铁磁钢壳体22，例如矩形底面，基本上是具有上部宽度大于下部宽度的整体矩形棱柱体，两部分具有相同深度。在一个实施例中，壳体22是多件式壳体。圆形孔24从壳体22的底部延伸到顶部，其轴线与壳体22的宽度和深度对称平面的交点重合，使得材料的小腹板26留在壳体22的相对深度端部，它将壳体22沿壳体22的高度细分为基本上磁性隔离的部分。宽区壳体部分28的壁厚是实质性的，并且足以完全承载由在孔24中接收的两个圆柱形、直径磁化的稀土永磁体30、32提供的磁通量。插入分流板34以闭合孔24的底端。底部磁体30在孔24中固定以防止旋转，其方向使得磁体30的N-S极分离平面(p)将腹板部分26平分，并用偶极磁体30的各自N-和S-极性极化相对宽度的前壳体部分。上部磁体32尽管在其上表面上具有六角形棱镜凹陷以允许六角形棱镜驱动轴36插入其中，但其理想且尽可能具有与下部磁体30相同的磁化特性。

[0149] 两个铁磁极靴38安装在壳体22下部的宽向侧，以补充壳体22上部的形状，所述铁磁极靴38基本上为矩形棱柱状结构(但用于外表面的倒角边缘)，其材料与壳体22磁性兼容或与壳体22相同，使用螺栓40和定位销42。极靴38优选地延伸出壳体22的下侧37(参见图

3)，但图示为大致与壳体22的下侧37平齐。极靴38在下表面上定义在所示实施例中为平面的各个工件接合表面44，但可以具有不同的几何和/或形状，以适合地紧靠工件17的目标表面形成，以便与工具10进行磁耦合和处理。极靴38与壳体22下部所定义的凹槽配合，使得磁路气隙最小或实际上基本上避免；换句话说，壳体22的厚壁宽向部分和极靴38一起形成来自磁体30的磁通路径32至壳体22的顶部和底部轴向端面。

[0150] 如前所述，极靴38在其下端定义工具的工件接合(或工作)面，而壳体22厚壁宽向部分的顶面定义本文中称为磁通检测面46的部分。在没有外部磁工作电路的情况下，即使这样，磁通线也穿过极靴38处的工件接合表面44和壳体22的磁通检测面46。

[0151] 有关这种可切换永磁单元20的进一步细节，请比较其公开提供产品的Magswitch技术信息，包括Magswitch AR装置的磁额定值。例如，AR 50耦合装置的最大工件脱离额定值为249kg，安全工作负载为62kg，安全剪切负载为31kg，磁体的磁通量输出可使厚度为9.5mm、底面覆盖面积为52x 64mm的铁磁工件完全饱和。

[0152] 然后转到图5，示出了致动器、电子传感器和反馈组件18(如图2所示)。参考图3和图5，组件18包括一个由四部分组成的壳体组件48，其部件用于不同的功能用途。

[0153] 下矩形底面致动器壳体部分50由铝制成(机加工和/或铸造)，并且包括矩形凹陷52，其具有朝向壳体部分50下表面的通孔，用于容纳旋转致动器54。

[0154] 旋转致动器54具有扭矩输出轴56，该输出轴处于工具10的组装状态，其中，下壳体部件50使用四个紧固螺栓58(该螺栓穿过下壳体部件50中的四个孔59并与壳体22顶面上的螺纹孔60啮合)密封地固定到磁体组件壳体22的顶部。扭矩输出轴56插入上部磁体32处的六角驱动镶块36。

[0155] 这使得致动器54能够施加选择性扭矩来旋转其壳体22中的上部磁体32，以在关闭状态、打开状态和部分打开状态之间转动可切换永磁装置20。在这种情况下，参照图4，并且可以从图4中收集到，穿过两个磁体30、32的上表面的线表示磁体30、32南北有源极的各自分离面。

[0156] 当两个磁体30、32的南北极都在壳体22的同一宽度方向侧时，使得永磁体32的北极与永磁体30的北极完全重叠时，装置20处于打开状态，在极靴38处提供通过工件接合表面44的磁通，在壳体22处提供磁通检测面46的磁通。当两个磁体的南北极在壳体22的同一宽度方向侧，使得永磁体32的北极仅部分地与永磁体30的北极重叠时，装置20处于部分打开状态，在极靴38处提供通过工件接合表面44的磁通，在壳体22处提供通过磁通检测面46的磁通。当两个磁体30、32的南北极在相反的一侧(即反对准)，使得永磁体32的北极完全与永磁体30的南极重叠时，装置处于关闭状态，并且磁通被限制在壳体22和磁体30、32内。示例性致动和传感系统的附加细节在第7,012,495号美国专利中提供，其全部公开内容通过引用明确并入本文中。

[0157] 下壳体部分50还包括两个耦合导管62，致动器54通过该导管接收液压或气动流体(取决于致动器的构成)，以选择性地旋转其输出轴以打开和关闭单元20。在一个实施例中，致动器54是电动致动器并且从机器人系统700接收电力。示例性电动致动器包括步进马达。图3和图5中的附图标记64表示标志和硬停止，其设置为限制旋转，并且为处于打开状态和关闭状态旋转取向的单元20的上部磁体32提供参考点/位置。可包括可伸缩销，以在各种部分导通状态下选择性地为上部磁体32提供参考点。

[0158] 在实施例中，逻辑控制电路23监测磁体32的旋转位置，以验证磁体32已针对已知的部分打开状态和打开状态移动到适当的参考位置。在致动器54是步进电机的示例中，逻辑控制电路23监测来自步进电机的位置信号，并将其与存储的位置值进行比较，以确定磁体32处于请求的部分打开或打开状态。

[0159] 在实施例中，磁耦合装置10包括制动器，例如摩擦制动器，其可与耦合到永磁体32的可旋转构件相互作用。可以致动摩擦制动器以保持可旋转构件的当前位置，从而保持永磁体32的当前位置。

[0160] 在实施例中，致动器54是步进电动机，并且步进电动机将其输出轴保持在当前位置的能力也将永磁体32保持在当前位置，从而将磁耦合装置10保持在当前状态(打开状态、关闭状态、部分打开状态)。

[0161] 壳体组件48的中间铝(或其他非铁磁性金属)壳体部件66具有矩形的底面，并通过上述紧固螺栓58固定到下部壳体部件50。

[0162] 中间壳体部件66具有矩形凹槽68，凹槽68的宽向端上的孔69从上到下延伸，宽向端孔69位于下壳体构件50中的矩形凹陷52外部，并且与相应的圆柱形通道70相一致，所述圆柱形通道从下壳体部分50的顶部延伸至底部，或者从顶部延伸至与底部之间的一小段距离的一端。

[0163] 中间壳体部件66的顶部是矩形框架状上壳体构件72，也由非铁磁性金属材料制成，其上开口端由矩形非铁磁性盖板74封闭，盖板74通过四个紧固螺钉76穿过上壳体构件72四角的孔78夹在盖板74与中间壳体构件66之间。需要注意的是，其中两个紧固螺钉76固定在中间壳体部件66顶部的一个宽向侧的螺纹孔80中，而另两个紧固螺钉76则固定在下壳体构件50顶部块部分84的一个宽向对面的两个螺纹孔82中，以便致动器和电子传感器及反馈组件18的壳体组件48的所有壳体部件50、66、72和74安全地相互固定。

[0164] 参照图5，致动器、电子传感器和反馈组件18还包括磁场传感器和传感器信号处理电路单元90，其是逻辑控制电路23的一部分，现在将参照图6和7来描述。单元90包括两个PCB(印刷电路板)、一个主控制PCB92和一个磁力计传感器PCB 94，其包括两个支腿部分96，在其各自的末端支撑/安装如上所述的线性霍尔效应型磁通传感器98。

[0165] 主控制PCB 92包括微控制器(未单独示出)、用于将至/自传感器和微控制器的I/O信号与外部设备接口连接的M12电子连接器100，以及在其下侧用于与位于PCB 94的水平支脚处板对板连接器104互补耦合的板对板连接器102；连接器102和104，除了在PCB之间提供机械连接之外，还用于在相应板上的电子组件之间传导信号，这在工业上广为所知。

[0166] 参考图3，主控制电路板92位于并固定在带有上壳体构件72的框架上壳体组件48的组装状态内，板到板连接器102和104位于中间壳体部件66的矩形通道68内，以及磁力计传感器板PCB 94的支腿部分96内通过中间壳体部件66的通道68延伸穿过矩形，进入下壳体构件50中的两个圆柱形通道70。总体布置确保PCB 94的霍尔效应传感器98安全地位于距离壳体22磁通检测表面46很小距离的指定位置。本质上，该布置确保磁力计传感器板PCB 94的一个磁通传感器98位于可切换永磁装置20的北极上(其中一个极延伸板38)，另一个传感器98位于南极上(其中一个极延伸板38)。

[0167] 磁场传感器和传感器信号处理电路单元90具有布局和电子组件，使得磁通信号能够从传感器98以电子方式发送到主PCB 92上的微控制器/处理器，其中可以调节这些信号，

并且嵌入信号中的信息可以由微控制器通过一系列算法处理，以通过M12电子连接器100提供工具状态反馈，该电子连接器100使用M12压紧的螺钉连接器105固定到盖板74，该M12压紧的螺钉连接器105用于将M12电缆组件连接到链接到微控制器的M12电子连接器100。

[0168] 主PCB 92可以包括一个或多个输出设备144，例如LED，其接收来自微控制器/处理器的状态信号，以提供特定工具状态的视觉表示，而不使用外部控制装置的信号。这些工具状态可以由操作者通过位于框架状上壳体72壁中的LED窗口106来直观地理解。工具状态在任何情况下都包括：可切换永磁组件16磁单元20打开或关闭，北极靴38(即其工件接合表面44)是否在目标上(在可设定阈值内，如下所述)，这表示北极极靴在工件上具有良好的磁握持力，南极靴38(即，其工件接合表面44)是否在目标上(在可设定阈值内，如下所述)，这表示南极极靴在工件具有良好的握持力)，并且工件具有整体良好的拉力作用(两极与工件接触良好)。

[0169] 在示例性实施例中，以下操作由工具10处理：(1)用于读取磁传感器值的微处理器(具有ADC单元)；(2)用于读取多个传感器值的微处理器；(3)传感器读数，用于在特定传感器值下点亮工具状态指示LED；(4)用于点亮工具开/关LED的传感器读数；(5)在微处理器上创建平均函数，以平均传感器值；(6)创建一个校准函数，其中包含平均函数，以确定传感器的开启值；以及(7)使用来自校准函数的校准值确定极点是否偏离目标，在目标区域121之外。在EOAMT 10的这个示例性实施例中，首先使用STM320F038 Discovery板，然后使用使用了STM32F030R8T6的定制设计主PCB板，和软件编码并上传到处理器的存储器中，以执行工具的函数设置，包括工具的传感器和控制器的校准。

[0170] 工具10的示例性校准过程包括将工具10要处理的两个工件接合表面44抵靠工件17放置，在不同的位置，多次采样位于磁单元壳体各个不同位置的磁通检测表面46上的传感器98附近的磁场传感器数据，采样数据的平均，并在存储器33中存储阈值，根据该阈值可以比较在工具操作期间采样的实时传感器数据以确定工具状态。为此，将STM320F038Discovery板配置为允许切换数据输入。按照指定的顺序，三步校准过程包括：

[0171] 1.切换输入装置41的校准输入(参见图13)。

[0172] a.目前工具处于校准模式。

[0173] b.等待电源LED停止闪烁。

[0174] 2.将带有工件接合表面的工具放在具有“理想”接触的工件上，并将磁通单元打开至打开状态或者可替换地打开至已知的部分打开状态。

[0175] 3.切换校准输入。

[0176] a.等待电源LED停止闪烁。

[0177] b.一旦电源LED停止闪烁，关闭工具的磁通装置。

[0178] 4.调整工具的方向，使其工件接合表面位于工件上，使S极极靴处于工具操作员(用户)希望达到的目标值范围内，并将装置打开至打开状态，或切换至已知的部分打开状态。

[0179] 5.切换校准输入。

[0180] a.等待电源LED停止闪烁。

[0181] b.一旦电源LED停止闪烁，关闭工具的磁通源。

[0182] 6.调整部件上工具的方向，使N极极靴处于用户希望的目标值范围内，并将装置打

开至打开状态或另一个已知的部分打开状态。

[0183] 7.切换校准输入。

[0184] a.等待电源LED停止闪烁。

[0185] b.一旦电源LED停止闪烁,关闭设备。

[0186] 8.一旦电源LED停止闪烁,工具将返回感应模式。此时,工具的状态输出应在已校准的打开状态或已知的部分打开状态下正常工作。如果不是这样,重复校准步骤。

[0187] 灵敏度输入也可以添加到固件中,以便用户可以根据校准值调整为更大或更小的灵敏度。

[0188] 带有板上传感器阵列和信号处理逻辑的工具可以提供的另一个功能是所谓的“双空白”监控功能,这是有用的,当磁耦合装置10用于将铁磁板材坯料或部分成型板材组件从短钉中脱除(例如,用于将坯料转移到坯料拉延或模塑工位之间)。此功能包括如下工具校准:

[0189] 1.切换校准输入。

[0190] a.目前用户处于校准模式。

[0191] b.等待电源指示灯停止闪烁。

[0192] c.将带有极靴的工具放在一块具有理想接触的钢板上,并将工具的磁通源打开至打开状态或可替换地打开至已知的部分打开状态(注意:每次用户更改板材厚度时都需要此步骤)。

[0193] 2.切换校准输入。

[0194] a.等待电源LED停止闪烁。

[0195] b.一旦电源LED停止闪烁,关闭设备。

[0196] 3.一旦电源LEd停止闪烁,工具将返回正常感应模式。

[0197] 此时,工具的状态输出应正常工作。如果不是这样,重复校准步骤。如果在随后的操作中,用于校准打开状态或部分打开状态的感应泄漏通量小于存储的校准值一定阈值量(绝对值或百分比),则工具10可耦合到多个工件而不是单个工件。

[0198] 如本文所述,可使用其它磁配置来代替永久磁体30、32。参考图26至图30,表示本发明的示例性可切换永磁组件200。可切换的永磁组件200可替代磁通源15。此外,永磁组件200放置在有色金属壳体中,而不是磁耦合装置10的壳体22。如本文中更详细地说明的,永磁系统200的极部250位于壳体的下侧,并且与工件17接触(参见图29和30),或者具有位于极部250正下方且与工件17接触的极延伸构件。

[0199] 可切换永磁组件200包括放置在壳体22中的上盘片212和下盘片214。盘片212和214中的每一个包括多个间隔的永磁体230和多个极部250。多个间隔的永磁体230中的每一个示例性地示出为单个永磁体,但可以包括多个永磁体和/或位于壳体内的至少一个永磁体。美国第7,161,451号专利和德国实用新型DE202016006696U1中提供了示例性盘片,其全部披露通过引用明确并入本文中。

[0200] 回到图26至图30的示例,每个永磁体230具有北极侧232和南极侧234。盘片212和盘片214的永磁体230和极部250各自布置成闭合形状,其中极部250的一个位于永磁体230的两个之间。此外,永磁体230的布置使得两个永磁体230中的每一个接触到其中的极部250,使得它们的北极侧或南极侧接触到极部250。当相邻永磁体230的北极侧与极部250接

触时，极部250被称为北极部。当相邻永磁体230的南极侧接触极部250时，极部250被称为南极部。

[0201] 上盘片212和下盘片214中的每一个包括等量和偶数的永磁体230和等量的极部250。在一个实施例中，在上盘片212和下盘片214中的每一个中，永磁体230和极部250以圆形配置布置。

[0202] 在实施例中，与工具10中的磁体30一样，下盘片214相对于包含下盘片214的壳体保持静止，而与工具10中的磁体32一样，上盘片212相对于下盘片214旋转。上盘片212可相对于中心盘轴294相对于下盘片214在方向290,292上旋转，以改变上盘片212的永久磁体230和极部250相对于下磁体214的永久磁体230和极部250的对准。

[0203] 当下盘片214的南极部250与上盘片212的南极部250对准，并且下盘片214的北极部250与上盘片212的北极部250对准时，认为可切换永磁组件200处于打开状态。在打开状态下，磁耦合装置10处理工件，因为磁路整体从上盘片212和下盘片214对准的北极部250，通过工件，到上盘片212和214对准的南极部250。

[0204] 当下盘片214的南极部250与上盘片212的北极部250对准，并且下盘片214的北极部250与上盘片212的南极部250对准时，认为可切换永磁组件200处于关闭状态。在关闭状态下，磁耦合装置10不处理工件，因为带有上盘片212和下盘片214的磁路整体从对准的上盘片212北极部250，到下盘片214的南极部250，并且从对准的上盘片212北极部到下盘片214的南极部250。

[0205] 当上盘片212的南极部250与下盘片214的北极部250部分重叠，且上盘片212的北极部250与下盘片214的南极部250部分重叠时，认为可切换永磁组件200处于部分打开状态。当处于部分打开状态时，磁耦合装置10处理工件，因为磁路整体从上盘片212和下盘片214的重叠北极部250，通过工件27，到上盘片212和下盘片214的重叠南极部250。磁路的强度随着上盘片212和下盘片214的重叠北极部250和上盘片212和下盘片214的重叠南极部250的重叠程度的增加而增加。

[0206] 参考图26，示出了上盘片212。上盘片212包括具有中心孔222和多个径向延伸孔224的圆柱形基座组件220。每个径向延伸孔224的大小和形状设置为接收永磁体230。每个永磁体230具有北侧232、南侧234、径向向内侧236、径向向外侧238、顶部240和底部。

[0207] 参考图27，示出了上盘片212的俯视图。圆柱形基座组件220环绕北侧232、南侧234、径向向内侧136和径向向外侧138或永磁体230中的每一个。在一个实施例中，孔224不是穿过多个孔，而是从圆柱形基座组件220的底侧的盲深度孔，因此圆柱形基座组件220将包围极部250的顶部240。在所示的实施例中，圆柱形基座组件220是单个整体组件。在一个实施例中，圆柱形基座组件220由连接在一起的两个或多个组件组成。

[0208] 如图27所示，布置永磁体230，使得相邻磁体的北侧232彼此面对，并且相邻磁体230的南侧234彼此面对。这种布置导致在永磁体230之间的圆柱形基座组件220的部分250充当永磁体230的极延伸。在实施例中，基座组件220和因此极部250由钢制成。其他合适的铁磁材料可用于基座组件220。

[0209] 参考图28，示出了上盘片212相对于下盘片214的分解。下盘片214通常与上盘片212相同。上盘片212可相对于下盘片214旋转，以将可切换永磁组件200置于打开状态、部分打开状态或关闭状态。

[0210] 参考图29，上盘片212和下盘片214布置在打开状态，其中在上盘片212南极部250与下盘片214南极部250相邻，且上盘片212北极部250与下盘片214北极部250相邻。在打开状态下，由铁磁材料制成的工件27是由包括上下盘片212、214的磁耦合装置驱动的，这是由于磁路整体从上盘片212和下盘片214的对准北极部250，通过工件27，到上盘片212和下盘片214的对准南极部250。南北极部250的下表面形成工件接触接口。可选地，极靴38的实例，尽管其形状不同于图1，但是可以定位在南北极部250的下表面和工件17之间，以向工件接触接口44提供工件17。此外，传感器98可以安置在与北极和南极部250中相邻的各个位置。在实施例中，北极部250中的至少一个和南极部250中的至少一个具有与之相关联的传感器98，以监测与相应北极部和相应南极部相关联的漏磁通。如图27所示，第一传感器98可以安置在北极部250附近，例如直接位于北极部250的上方或北极部250的径向向外，第二传感器98可以安置在南极部250附近，例如直接位于南极部250上方或南极部250的径向向外。逻辑控制电路23可以以与本文所述的用于磁耦合装置10的类似的方式对永磁组件200执行校准运行，以存储用于确定包括永磁组件200的装置操作状态的传感器值。

[0211] 参考图30，当上盘片212南极部250与下盘片214北极部250相邻，且上盘片212北极部250与下盘片214南极部250相邻时，上盘片212和下盘片214布置在关闭状态。在关闭状态下，包括上下盘212、214的磁耦合装置不处理由铁磁材料制成的工件27，因为在上盘片212的对准南极部250和下盘片214的北极部250之间，以及在上盘片212的对准北极部250和下盘片214的南极部250之间的磁路整体。换句话说，盘片212和214分流带有导致外部磁场崩溃的极部150的磁路。上盘片212和下盘片214也可以布置成提供包括上盘片212和下盘片214的磁耦合装置的一个或多个部分打开状态。

[0212] 如本文所述，可使用其它磁配置来代替永磁体30、32。参考图31至图33，表示本发明的示例性可切换永磁组件300。可切换永磁组件300可替代磁通源15。此外，永磁组件300放置在有色金属壳体中，而不是磁耦合装置10的壳体22。如本文中更详细说明的，永磁系统300的极部350位于壳体的下侧并与工件17接触，或具有直接位于极部350下方且与工件17接触的极延伸构件340(参见图31至图33)。

[0213] 可切换永磁组件300包括上部组件312和下部组件314。组件312和314中的每一个包括多个间隔的永磁体330和多个极部350。多个间隔的永磁体330中的每一个示例性地示出为单个永磁体，但可以包括多个永磁体和/或位于壳体内的至少一个永磁体。

[0214] 每个永磁体330具有北极侧(N)和南极侧(S)。组件312和组件314的永磁体330和极部350每个布置成线性阵列，其中极部350中的一个位于永磁体330的两个之间。此外，永磁体330的布置使得两个永磁体330中的每一个与其中的极部350接触时，其北极侧(N)或南极侧(S)与极部350接触。当相邻永磁体330的北极侧(N)接触极部350时，极部350称为北极部。当相邻永磁体330的南极侧接触极部350时，极部350称为南极部。

[0215] 在实施例中，下部组件314，如工具10中的磁体30，相对于包含下部组件314的壳体保持静止，并且上部组件312，如工具10中的磁体32，相对于下部组件314旋转。上组件312相对于下组件314在方向390和392上可平移，以改变上部组件312的永磁体330和极部350相对于下部组件314的永磁体330和极部350的对准。下部组件312的永磁体330与工件17分开，因为极靴340耦合到极部350。或者，极部可以延伸以提供间隔。此外，在上部组件312和下部组件314的永磁体之间设置有分隔物(未示出)。

[0216] 当下部组件314的南极部350与上部组件312的南极部350对准，且下部组件314的北极部350与上部组件312的北极部350对准时，认为可切换永磁组件300处于打开状态(参见图20)。在打开状态下，可切换永磁组件300处理工件17，因为磁路整体从上部组件312和下部组件314的对准北极部350，通过工件27，到上部组件312和下部组件314的对准南极部350。

[0217] 当下部组件314的南极部350与上部组件312的北极部350对准，并且下部组件314的北极部350与上部组件312的南极部350对准时，认为可切换永磁组件300处于关闭状态(参见图22)。在关闭状态下，可切换永磁组件300不处理工件17，因为带有上部组件312和下部组件314的磁路整体内从上部组件312的对准北极部350，到下部组件314的南极部350，并从上部组件312的对准北极部分到下部组件314的南极部分350。

[0218] 当上部组件312的南极部350部分重叠下部组件314的北极部350，并且上部组件312的北极部350部分重叠下部组件314的南极部350时，认为可切换永磁组件300处于部分打开状态。当处于部分打开状态时，可切换永磁组件300处理工件17，因为磁路整体从上部组件312和下部组件314的重叠北极350，通过工件17，并到上部组件312和下部组件31的重叠南极部分350。磁路的强度随着上部组件312和下部组件314的重叠北极部350和上部组件312和下部组件314的重叠南极部350的重叠程度的增加而增加。

[0219] 此外，传感器98可以位于与北极和南极部350的各种传感器相邻的位置。在实施例中，北极部350中的至少一个和南极部350中的至少一个具有与之相关联的传感器98，以监测与相应北极部和相应南极部相关联的漏磁通。如图31所示，第一传感器98可以靠近北极部350放置，例如直接在北极部350或北极部350径向向外，并且第二传感器98可以靠近南极部350放置，例如直接在南极部350上方或在南极部350的径向向外。逻辑控制电路23可以以与本文描述的用于磁耦合装置10的类似方式来执行永磁组件300的校准运行，以存储用于确定包括永磁组件200的装置的操作状态的传感器值。

[0220] 参考图8-12，在实施例中，磁耦合工具10包括消磁功能，用于在使用磁耦合工具10处理工件之后去除残余磁性。

[0221] 在示例性实施例中，磁耦合装置10包括开关可切换的双极磁通源15；第一壳体组件22，其中接收磁通源15；以及一对磁极延伸靴38，每个磁极延伸靴38具有工件接合表面44。磁极延伸靴38安装在第一壳体组件22上，以接收来自磁通源15的磁通量，并使其在工件接合表面44处可用。至少一个磁场传感器98，但优选地是多个第一磁场检测传感器，其数量与磁极延伸靴和/或工件接合表面的数量相等，位于预定距离，但靠近磁通检测表面46，优选位于与相关联的一个杆延伸靴的工件接合表面44相反的端部。提供一对消磁电绕组110，每一个绕在两个磁极延伸靴38中相关联的一个的一段上。逻辑控制电路23进一步操作(i)接收来自至少一个磁场检测传感器的输出信号，并从所述输出信号确定指示关闭磁通源的工具的操作状态，(ii)在这种情况下，接通消磁绕组的电源，以及(iii)执行消磁周期，其中消磁电绕组在预定时间内产生振荡和交变磁场。

[0222] 在实施例中，消磁电绕组110和可替换磁极延伸靴构件38形成可附接到第一壳体构件29的模块化单元，其中极伸靴构件38在用于将EOAMT 10与工件17进行磁力耦合时构成EOAMT 10磁通传递电路的一部分，以及，与电磁体的消磁绕组10形成部分，该电磁体在工件17消磁器件以消磁周期操作。

[0223] 在实施例中，逻辑控制电路23的设计使得消磁周期将在磁耦合装置10从先前用磁耦合装置10处理的工件17上移除之前立即执行，即，当磁耦合装置10与工件17处的工件接合表面44保持静止且磁通源15已被关闭以实现解耦时。通过在该阶段执行消磁周期，磁耦合装置10的极靴38将充当导管，以将消磁操作集中到工件区域，该工件区域在将磁耦合装置10置于关闭状态后首先将显示剩磁。

[0224] 在实施例中，磁极延伸靴38包括至少两个组件，第一极延伸构件38a以可移动方式固定到第一壳体组件，第二极延伸构件38b以可移动方式固定到第一构件并限定工件接合表面44，其中消磁绕组110围绕第二极延伸构件38b的一段。这种由两部分组成的极靴布局使得EOAMT 10能够在具有或不具有消磁功能的情况下展开，其方法是允许第二极延伸构件38b与第一极延伸构件38a简单地分离，由此第一极靴构件38a随后将展示/提供工件接合表面44。同样，它允许第二极靴构件38b可替换，以便提供优化为工件17的几何形状的工件接合表面44。

[0225] 在实施例中，极靴38在消磁绕组110覆盖的部分中，具有足以将消磁绕组110通电时产生的大量且优选地所有磁通引导至工件接合表面44的横截面。这确保由消磁绕组110提供的所有磁通有效地用于在与磁极延伸靴38的接触区处对工件17进行消磁。当然，极靴38在消磁绕组110所覆盖的部分中也有可能具有足以引导通电时产生的大部分(但不是全部)磁通的横截面，到工件接合表面44并在工件接合表面44周围产生漏磁。这一方法将有助于消磁区以外的直接接触区之间的磁极延伸靴和工件。

[0226] 在实施例中，逻辑控制电路23还包括用于产生脉冲宽度调制(PWM，pulse width modulated)电流的AC驱动器(硬件或软件)，如本文中更详细说明的，该脉冲宽度调制(PWM)电流提供给消磁绕组110。此外，在实施例中，逻辑控制电路23的功能块用于执行消磁周期。

[0227] 在实施例中，消磁绕组110，围绕(即包围)铁磁磁极延伸靴38的一段时，有效地产生电磁体。逻辑控制电路23的控制电路和微处理器的配置驱动电磁体以在极靴38下面交替极性和振幅。在工具的正常(耦合)使用过程中，极靴38始终具有相反方向的磁场。对于不同尺寸的工具，改变电磁体的参数以将磁场强度与磁耦合装置10中的可切换永磁单元的磁场强度相关联，以克服留在工件中的残余磁场而不产生新的残余磁场。

[0228] 执行消磁功能的两个电磁体可以使用典型的DC电机驱动器进行控制。为了使留在工件17中的剩磁最小化，使用了减小幅度的交变磁场。交变磁场由微控制器(通过专用DC电机驱动芯片)控制，具有脉冲宽度调制(PWM)波形和方向销。方向销是用来改变提供给消磁绕组(线圈)的电流的方向。脉冲宽度调制波形控制通过电磁体看到的实际磁场。

[0229] 有许多参数会影响PWM的波形，进而影响磁场，如频率、占空比和振幅。具有不同几何形状和钢成分的工件17需要不同的参数才能正确消磁。因此，控制电路可以配备适当的存储器组，用于存储可由编程微处理器访问的预定义参数表，或者可以存储自定义数据，该数据在参数循环和改变的校准运行期间采样，测量工件的剩磁，然后为一个PWM波形确定一组“最佳”参数，以达到特定工件的理想消磁水平。美国专利3,895,270和4,384,313中提供了用于实现各种形式PWM驱动器的示例性硬件电路，尽管也可以使用耦合到可编程微处理器的更通用的电路。

[0230] 转向示出了示例性实施例的附图。参考图8至图11，示出了包括消磁功能的磁耦合装置10的示例性实施例。极靴38包括绕在每个极靴38上的消磁绕组110。

[0231] 提供了多片式铁磁磁极延伸靴38。极靴38使用一对紧固螺钉40安装在壳体22下部的宽向凹入侧。极靴38包括基本上为矩形的棱柱状第一构件38a，其具有沿其高度的倒角边缘，该边缘安装在壳体22下部的宽度向侧，并与壳体22的上部形状互补，以及矩形板状第二构件38b，该矩形板状第二构件由紧固螺钉38c固定在直立靴构件38a的下端。可使用38'的替代型极靴。

[0232] 磁极延伸靴38在下表面(即，在第二构件38b处)限定在所示实施例中为平面的各个工件接合表面44，但是可以具有不同的几何形状和/或轮廓以形成合适地抵靠在工件的弯曲或不平坦的目标表面上，该工件将被磁耦合至工具10并由工具10处理。极靴构件38a与限定在壳体22的下部处的容纳部的配合使得最小化或实际上避免了磁路气隙；换句话说，壳体22的厚壁宽度方向部分和极靴38'共同形成从磁体30、32到壳体22的顶部轴向端面和极靴38下端的磁通路径。

[0233] 参考图11，示出消磁组件110的分解图。消磁组件110包括围绕线轴112缠绕的电消磁绕组或线圈114，以及用于连接到控制电路的2线带状电缆116，如下所述。线圈114和线轴112接收在由非铁磁钢或其他材料制成的顶部梭罩118内，由此带状电缆116穿过梭罩118上壁中的开口。然后，通过紧固件122将底部梭罩120固定到顶部梭罩118。

[0234] 可切换永磁单元20的上述磁极延伸靴38随后通过底部梭罩120中间的适当且相应形状的开口滑动矩形棱柱极靴组件38a，以延伸穿过线轴112并突出穿过顶部梭罩118的补充开口。可定制的磁极延伸靴组件38b，其提供工件接合表面44，或者已经使用紧固件38c附接到极靴组件38a的下轴向端部，或者可以随后固定，并且紧靠底部梭罩120。如前所述，磁极延伸靴组件38a和消磁线圈114有效地提供用于执行消磁周期的专用电磁体。

[0235] 现在参考图10，每根2线带状电缆116穿过专用消磁线布线孔124，所述消磁线布线孔124延伸穿过所述壳体22的上部，所述壳体22位于所述圆柱孔24的任一宽度方向侧，然后两个消磁模块110通过上述紧固螺栓40连接到可切换磁单元20的壳体22上，因此还将磁极延伸靴38固定到单元22，从而提供用于工具10的正常操作以连接到工件的可切换磁通源的完成。

[0236] 逻辑控制电路23，特别是主PCB 92包括操作消磁模块110所需的必要硬件和软件，特别是用于产生通过消磁线圈114发送的消磁AC(并控制其波形)。消磁模块110的2线带状电缆116连接到极板PCB 94的插口，该极板PCB94通过板到板连接器102、104连接到主控制板PCB 92。

[0237] 通过带状电缆116到线圈114的电流(给定它是经过PWM调制的，可以适当地描述为消磁线圈114的工作信号)，是通过微控制器和主控制PCB 92上的电机驱动器控制的。这些信号通过来自微控制器的PWM波形来控制，以提供高频AC信号。消磁PWM和方向销通过南北极正负极交替工作，并在每个周期内减小振幅。根据消磁工件的材料组成和几何形状，需要改变不同的波形参数，包括但不限于频率、振幅和形状。

[0238] PWM信号有效地与工件产生快速变化的磁消磁电路，消除了剩磁。本文公开了示例性过程。

[0239] 关于消磁线圈114，绕组的线规、长度和绕组数量(以及这些绕组距线圈的磁极延伸靴(或电磁体的磁芯)有多远)影响线圈的电感和电阻。电感和电阻的变化会影响线圈的上升时间，这意味着不同的线圈(不同大小的单元)需要不同的PWM波形。可以计算理想的上

升时间来确定合适的频率。一般来说，较大的消磁单元需要更多的线圈质量，这就增加了上升时间，意味着较大单元需要更长的消磁时间。

[0240] 线圈的接线方式也会影响线圈的电感和电阻。如果线圈串联，电阻大约是并联时的两倍。因此，线圈的接线方式也会对PWM波形产生影响。

[0241] 在实施例中，逻辑控制电路23使用五个参数来改变消磁线圈114的操作。这些参数包括(a)预分频器：预分频器将计数器时钟频率与主PCB板的STM32F030R8T6主时钟分开。240用于一致性的标准(当周期设置为200时，每个脉冲的频率为1khz)；(b)周期：每个单独脉冲的周期(当预分频器设置为240时，1单位的正整数＝5ps)；(c)步数：每个振幅的脉冲数(正整数)；(d)周期：用于消磁的振幅数(正整数)；和(e)振幅：用于消磁的最大占空比(浮点数为0＜x＜1)。

[0242] 示例性消磁波形如图12所示。但是，应该注意的是，阶跃函数可以替换为其他类型的函数，尝试这些函数更接近模拟正弦波形式。以下是用于创建图12波形的参数列表：(a)周期：10(当预分频器设置为240时，该图上的1个时间单位＝5με)；(b)步数：3(注意每个周期有3个正步数和3个负步数)；(c)周期：3次(注意波形为正，然后为负，共3次。进一步注意，周期次数等于不同震级的次数)；(d)振幅：0.9(注意，最大占空比为0.9，平均波形振幅等于占空比/幅度。进一步注意，振幅由最大振幅除以循环次数0.9/3＝0.3(第一周期＝±0.9；第二周期＝±0.6；第三周期＝±0.3)确定。

[0243] 通过改变上述参数进行校准运行，可以优化磁耦合工具10的消磁效率和效能。例如，下表是使用基于Magswitch AR70单元具有消磁功能的原型耦合工具获得的数据编制的。该表比较不同软件参数的性能和观察到的最大残留高斯水平。这些数据是在51200钢上采集的，这是已知保留剩磁的钢。此数据是在预分频器设置为240时采集的。

[0244]

测试编号	周期(1单位＝5μs)	步数	周期	振幅	观察最大残留(G)
1	400	100	5	0.95	12
2	400	50	10	0.95	17
3	400	50	5	0.95	15

[0245] 表1 AR70在51200钢上的消磁数据

[0246] 与第2次和第3次试验相比，每个循环的步数是第1次试验的两倍。第1次测试的残差较低，因此第2次和第3次测试的上升时间不够长(步数与上升直接相关)。

[0247] 使用不同类型的磁通单元，具有消磁能力的Magswitch J50单元，进行了不同的测试，表明运行校准测试对于确定给定工件的最佳消磁结果的重要性。

[0248] 以下软件参数用于产生提供给消磁绕组的PWM信号：分频器：240；周期：250；步数：10；周期：20次；振幅：0.7。利用这些参数，消磁周期约为200ms，线圈的最大电流消耗约为0.9A。这个装置的线圈是并联的。线圈的总电阻约为8Ω。

[0249] 随着参数的变化，可以观察到不同的结果。以下软件参数用于生成提供给消磁绕组进行第二次测试的脉冲宽度调制信号：预分频器：240；周期：300；步数：10；周期：20；振幅：0.7。利用这些参数，消磁周期约为200ms，最大电流约为0.3A。这个装置的线圈是串联的。线圈的总电阻约为30Ω。

[0250] 在缩小范围之前，还测试了其他一些参数。最初，步数很大，但它产生了一个更持久的磁场，对消磁产生了负面影响。周期数最初很低，但随着步数的减少，周期数可以增加，

同时将消磁周期保持在0.5s以下。振幅最初较高，但随着该单元频率的增加，晶体管开关速度的限制存在问题。

[0251] 可以理解，上述提供的数据基于原型开发和优化，将产生消磁循环时间，这在机器人处理工件时是可以接受的。

[0252] 参照图24，示出了逻辑控制电路23的功能处理序列600。处理序列表明对于给定工件17的工具，在使用的初始四步校准过程(与上面列出的三步相比)时，工具软件通过编程执行各个步骤，以及基于实际传感器数据与校准阈值传感器数据(平均值)的比较，在确定工具在其与工件17的磁性相互作用中的各种可能状态时执行的步骤。如方框602所示，工具10执行开始例程。如方框604所示，检查输入装置41的消磁输入是否触发。如果触发，则进行检查以确定磁通源15是否处于关闭状态，如方框606所示。如果是，则如方框608所示执行消磁周期。

[0253] 如果未触发消磁输入，则进行检查以确定是否触发了输入装置41的校准输入，如方框610所示。如果是，执行四步校准运行，如方框612所示。在一个例子中，磁耦合装置10被校准为一个小正方形(100mmx100mm)的单板厚度(1mm)。这两个极限位置是针对靠近薄板中心的磁耦合装置10的位置进行校准的。针对北极靴在板边缘(不在角落里)的北极信号进行校准，针对南极靴在板边缘(不在角落里)的南极信号进行校准。

[0254] 如果未触发校准输入，则对磁性传感器98的传感器值进行平均，如方框614所示。在一个示例中，方框614要求每个传感器98在限定的(很短的)测量时间段内对工具采样磁通数据点的磁场传感器值求平均，并由磁场传感器和传感器信号处理电路单元的板上处理器处理这些信号，所有这些操作都可以在几毫秒内完成。这显然提高了数据采样的准确性和工具传感器套件确定不同的工具状态的性能。

[0255] 如方框616所示，检查采样值是否指示磁通量单元15处于打开状态(或校准部分打开状态)。如果不是，则确定磁通电路断开，如方框618所示。如果是，则磁通量电路指示为接通，如方框620所示。

[0256] 接下来，检查与北极靴相关联的磁传感器的平均传感器值和与南极相关联的磁传感器的传感器值，以查看其是否在如方框622所示的极限位置1和极限位置2校准值的范围内。在上面提到的小薄板上，磁通量传感器的值随着磁耦合装置从板的中心移开而迅速变化。如果两者都在范围内，则确定部件存在并接合在目标区域中，如方框624所示。如果不是，则将每个磁传感器98的磁通量传感器值的检查与相应的极位置校准值进行比较，以确定北极或南极是否在部件上，如方框626-638所示。

[0257] 在一个实施例中，实现了六步校准过程。校准以下传感器值：(1)极限位置1北最佳磁通回路；(2)极限位置1南最佳磁通回路；(3)极限位置2北最差磁通回路；(4)极限位置2南最差磁通回路；(5)南极位置；以及(6)北极位置。该校准程序不同于上述四步校准程序，其中极限位置对应于板的中心。在此过程中，只要北极靴和南极靴都在板上，磁耦合装置10就在极限范围内。对于传感器值(1)和(2)，磁耦合装置10位于薄板的中心，并且记录这些值。对于传感器值(3)，磁耦合装置10位于与薄板的两个边缘相邻的北极靴(在一个角落中)，并且记录北极靴传感器的值。对于传感器值(4)，磁耦合装置10位于与板的两个边缘相邻的南极靴(在一个角落中)，并且记录南极靴传感器的值。例如，传感器值(5)和(6)与传感器值(3)和(4)相同(极限范围为整个板)。如果(3)和(4)的传感器值对于不在板的角落位置，则

传感器值(5)和(6)将不同于(3)和(4),因为传感器值(5)和(6)是通过板的角落的磁耦合装置获取的。参照图25,示出了示例性机器人系统700。关于机器人系统700所描述的实施例可应用于其他类型的机器(例如,机械龙门、起重机、卷扬机、取放机等)。

[0258] 机器人系统700包括电子控制器770。电子控制器770包括存储在相关存储器774中以供处理器772执行的附加逻辑。包括控制机器人臂704运动的机器人移动模块702。在所示的实施例中,机器人臂704包括第一臂段706,该第一臂段与基底相对于垂直轴可旋转。第一臂段706通过第一关节710可移动地耦合到第二臂段708,其中第二臂段708可相对于第一臂段706在第一方向上旋转。第二臂段708通过第二关节712可移动地耦合到第三臂段711,其中第三臂段711可相对于第二臂段708在第二方向上旋转。第三臂段711通过第三关节716可移动地耦合到第四臂段714,其中第四臂段714可相对于第三臂段711在第三方向上旋转,并且旋转关节718可由此改变第四臂段714相对于第三臂段711的方向。图示为固定在机器人臂704端部的磁耦合装置10。磁耦合装置10用于将工件17(未示出)耦合到机器人臂704。尽管图示了磁耦合装置10,但本文中描述的任何磁耦合装置和本文中描述的任何数量的磁耦合装置可与机器人系统700一起使用。

[0259] 在一个实施例中,由执行机器人移动模块702的处理器772执行的电子控制器770将机器人臂704移动到第一姿势,其中磁耦合装置100在第一位置接触工件。由执行磁耦合器状态模块776的处理器772执行的电子控制器770指示磁装置10相对于下磁体30移动上部磁体32以将磁耦合器装置10置于打开状态或部分接通状态之一,以将工件耦合到机器人系统700。在实施例中,磁耦合器状态模块776包括逻辑控制电路23的功能。因此,逻辑控制电路23的功能可以位于工具10内或远离工具10。电子控制器770通过处理器772执行机器人移动模块702,将工件从第一位置移动到第二、期望的、间隔开的位置。一旦工件处于期望的第二位置,则由处理器772执行磁耦合器状态模块776的电子控制器770指示磁装置10相对于下部磁体14移动上部磁体12,以将磁耦合装置10置于关闭状态以使工件与机器人系统700解耦。电子控制器770然后重复该过程以耦合、移动和解耦另一工件17。在一个实施例中,在从工件17移开之前,控制器770指示磁耦合装置10执行消磁周期。

[0260] 在实施例中,磁耦合装置10具有细长的壳体,以在线性阵列中处理多个磁通源15实例。具有多个磁通源15实例的示例性装置是Magswitch Technology Inc.制造和销售的LAY系列装置。参考图34和35,示出了磁耦合装置400。磁耦合装置400包括包含多个实例的壳体402,所述实例为磁通源15,例如磁通源15A-C。沿着壳体402的下侧设置磁极延伸靴404。磁通源15的每个实例的磁体32的相对位置通过致动器406控制。磁通源15的每个实例以与磁耦合装置10相同的方式操作,并且可处于打开状态、关闭状态和部分打开状态中的任意一种。

[0261] 此外,磁耦合装置400包括定位在壳体402内的磁场传感器98。磁场传感器98示出位于两个磁通源15的极靴404附近,说明性地是磁通源15A和15C。在实施例中,磁场传感器98仅与多个磁通源15A-C中的单个磁通源15相关联。在实施例中,磁场传感器98与多个磁通源15A-C的每个磁通源15相关联。通过监测磁场传感器98的逻辑控制电路23,能够确定极靴404和工件17的工件接合表面444形成磁路的质量,接近工件17,或本文所公开的其他操作状态。

[0262] 在实施例中,磁耦合装置10具有细长的壳体,以将磁通量源15的多个实例保持成

圆形阵列。具有磁通源15的多个实例的示例性设备是由Magswitch Technology Inc.制造和销售的AY系列单元。参照图36和37，示出了磁耦合装置450。磁耦合装置450包括壳体452，壳体452支撑磁通源15的多个实例，示例性地为磁通源15A-F，每个实例具有其自己的一对工件接合表面454。通过致动器456控制用于磁通源15每种情况的磁体32的相对位置。磁通源15的每一个实例都操作以通过工件17在其间形成磁工作电路。磁耦合装置450的操作在美国专利号9,484,137中有更详细的描述，其全部公开内容明确地通过引用并入。

[0263] 此外，磁耦合装置450包括位于壳体452内的磁场传感器98。在实施例中，磁场传感器98定位在从壳体452的下表面460向下延伸的圆柱形突起458中。在所示的实施例中，两个磁传感器98位于相应的突起458中，一个位于磁通源15F和15A之间，另一个位于磁通源15C和15D之间。在实施例中，磁场传感器98定位在任何两个磁通量源之间的突起458中。在实施例中，磁场传感器98沿着圆形阵列的直径定位在每对相邻的磁通源15A-F之间的相应突起中。通过监测磁场传感器98，逻辑控制电路23能够确定由磁通源15A-F的工件接合表面454和工件17，接近工件17，或本文所公开的其他操作状态形成的磁路的质量。

[0264] 在不脱离本发明范围的情况下，可以对所讨论的示例性实施例进行各种修改和增加。例如，尽管上述实施例涉及特定特征，但是本发明的范围还包括具有特征的不同组合的实施例和不包括所有描述的特征的实施例。因此，本发明的范围旨在涵盖落入权利要求范围之内的所有这样的替代、修改和变化及其所有等同形式。

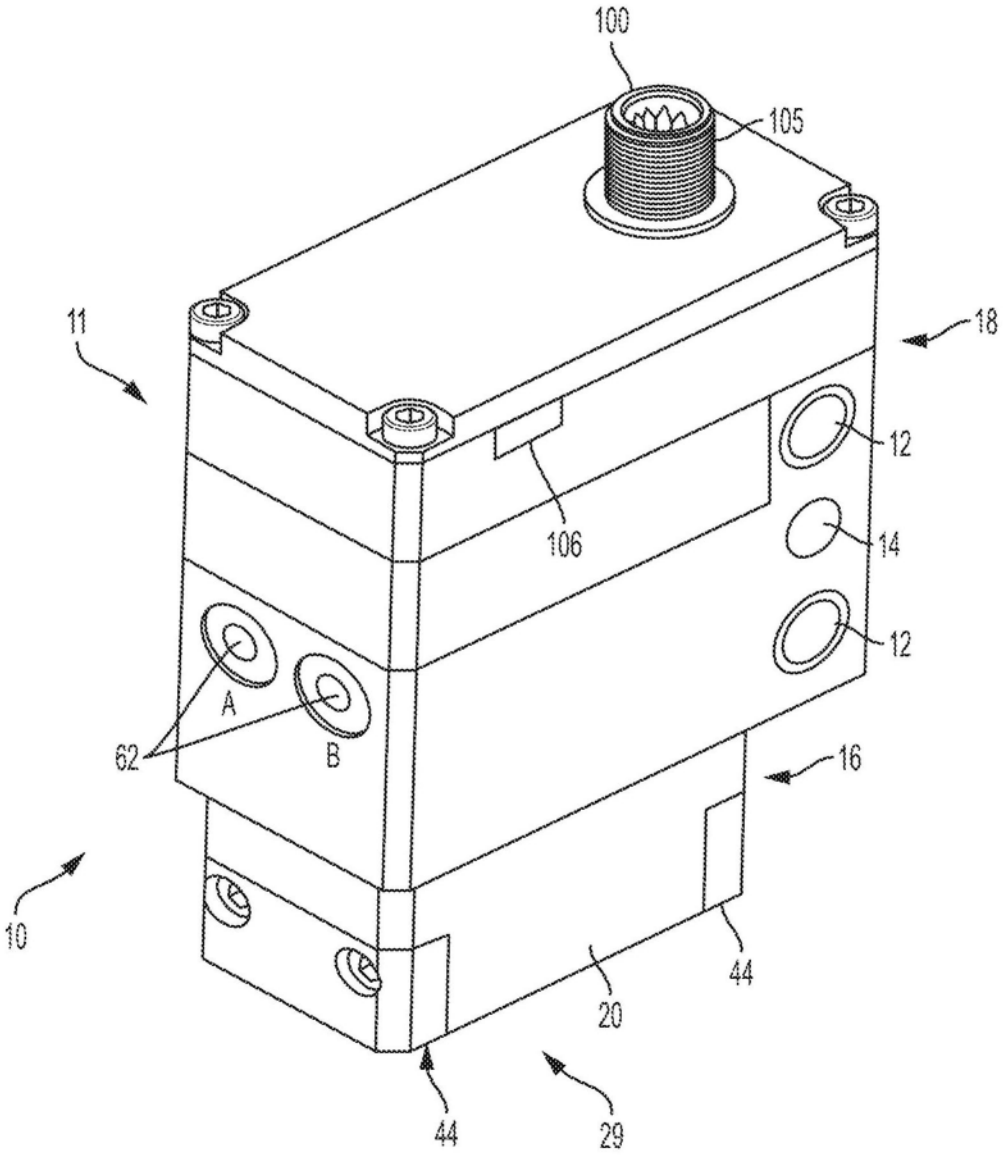


图1

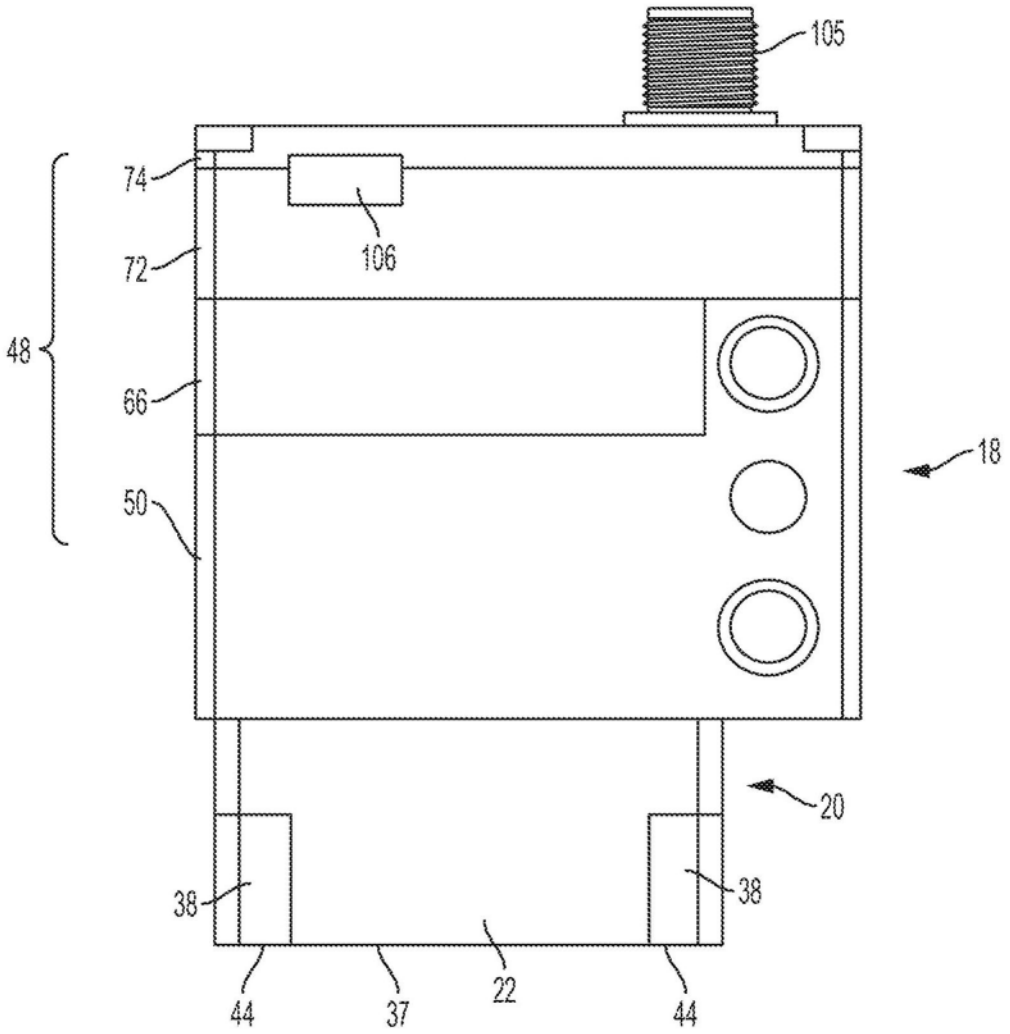


图2

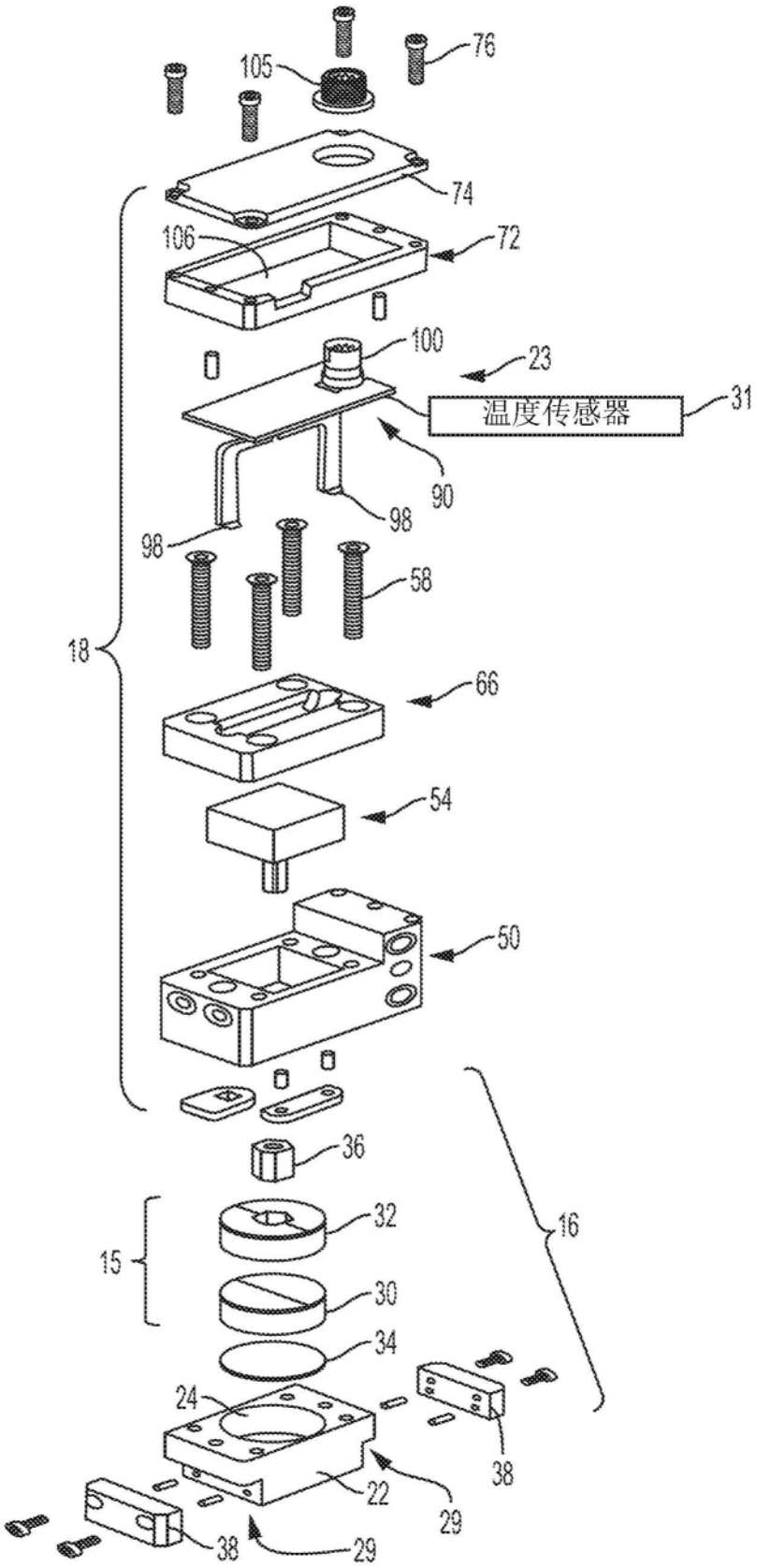

76
105
74
106
72
100
23
温度传感器
31
90
98
98
58
18
66
54
50
36
32
15
30
16
34
24
38
22
29
38
29

图3

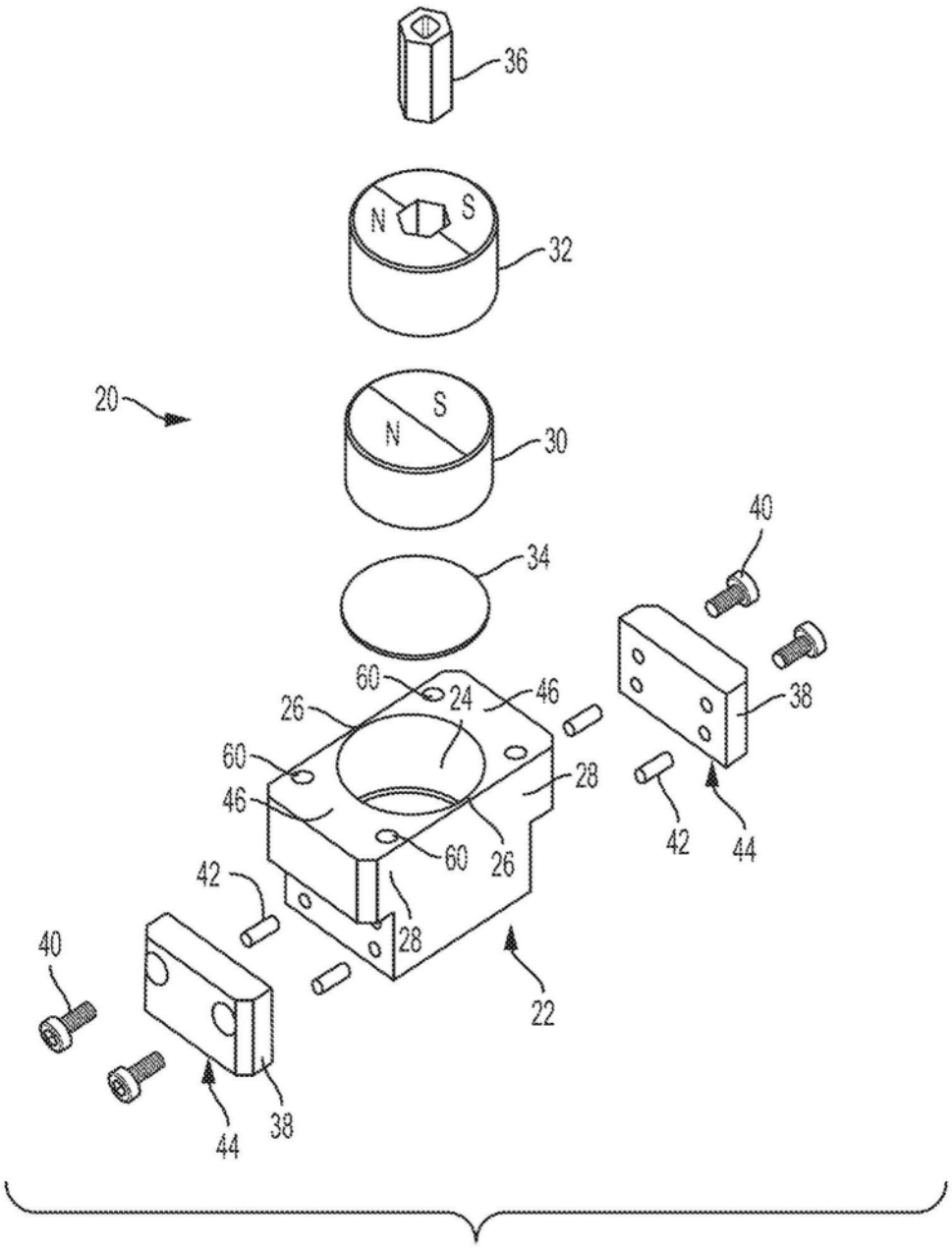

36
N
S
32
20
S
N
30
40
34
60
24
46
26
38
60
28
46
42
44
60
26
42
28
40
22
44
38

图4

图4

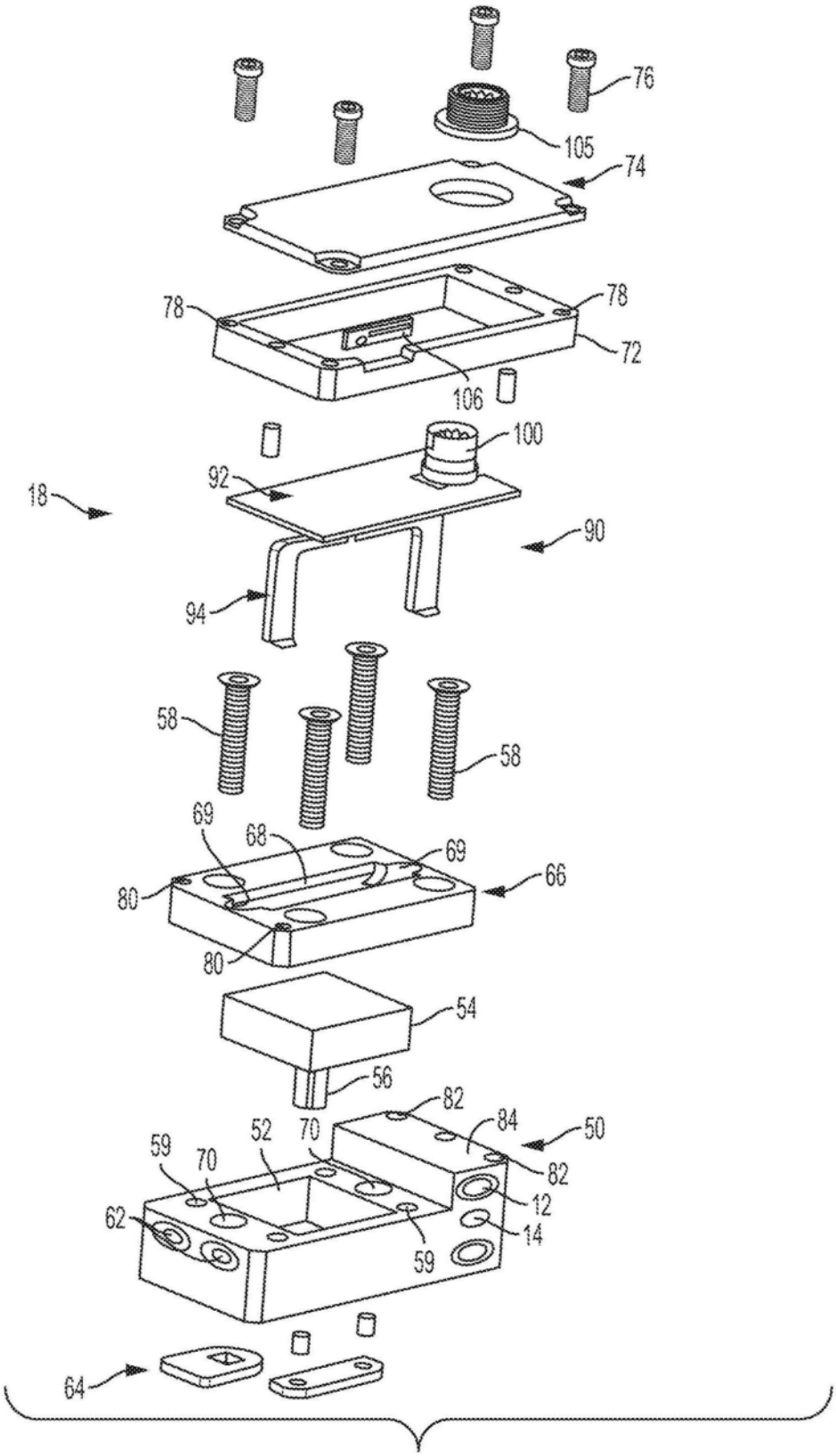

76
105
74
78
78
72
106
100
92
18
90
94
58
58
69
68
69
80
66
80
54
56
82
84
50
52
70
59
70
82
12
62
14
59
64

图5

图5

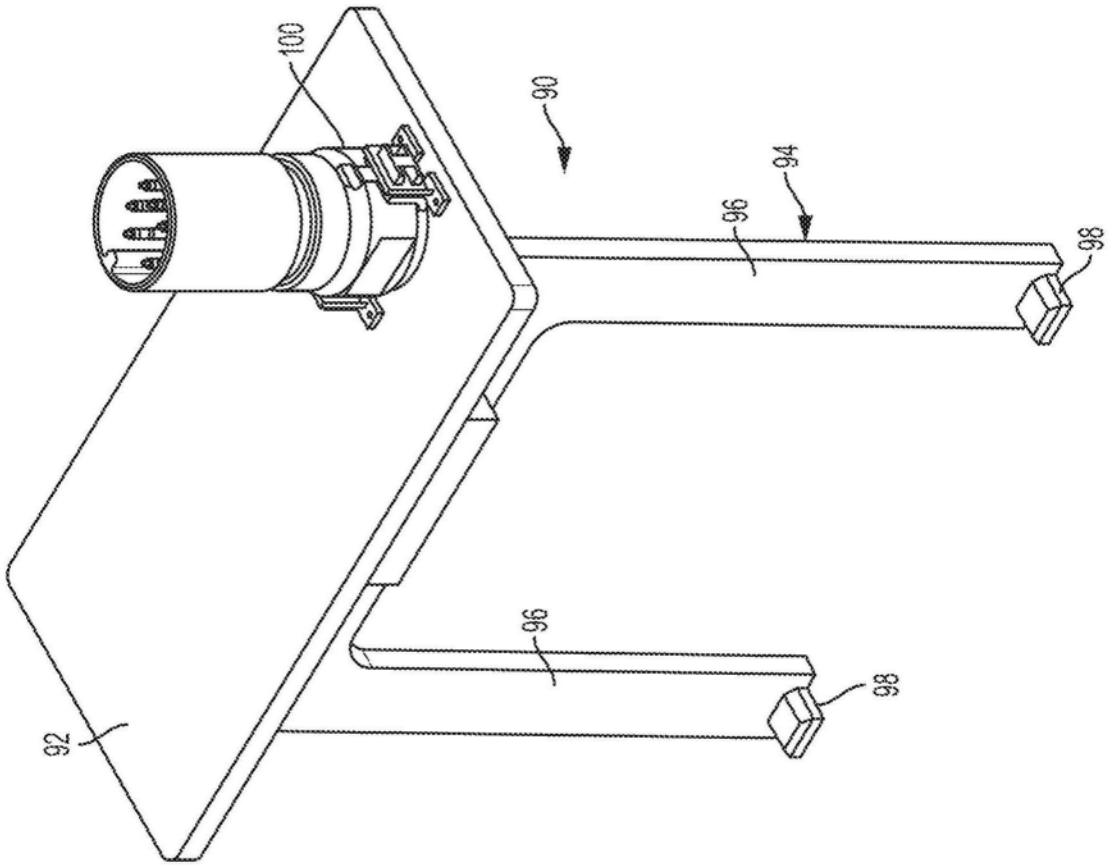


图6

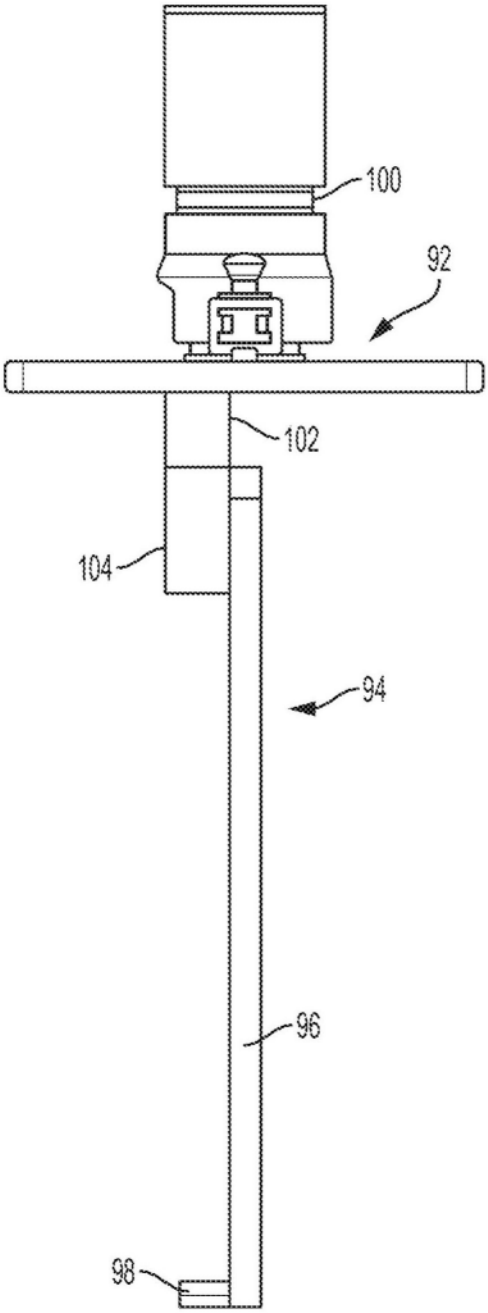


图7

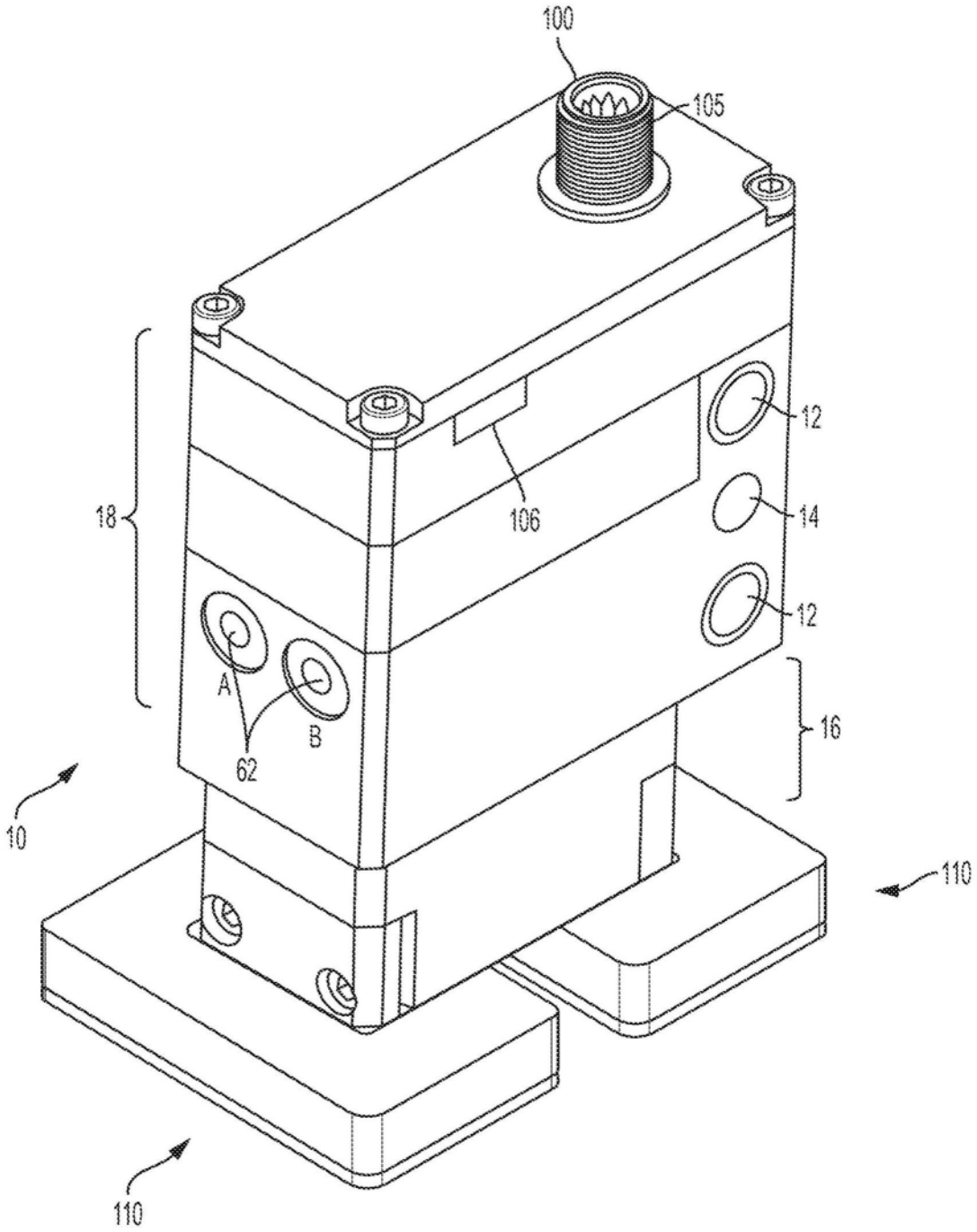


图8

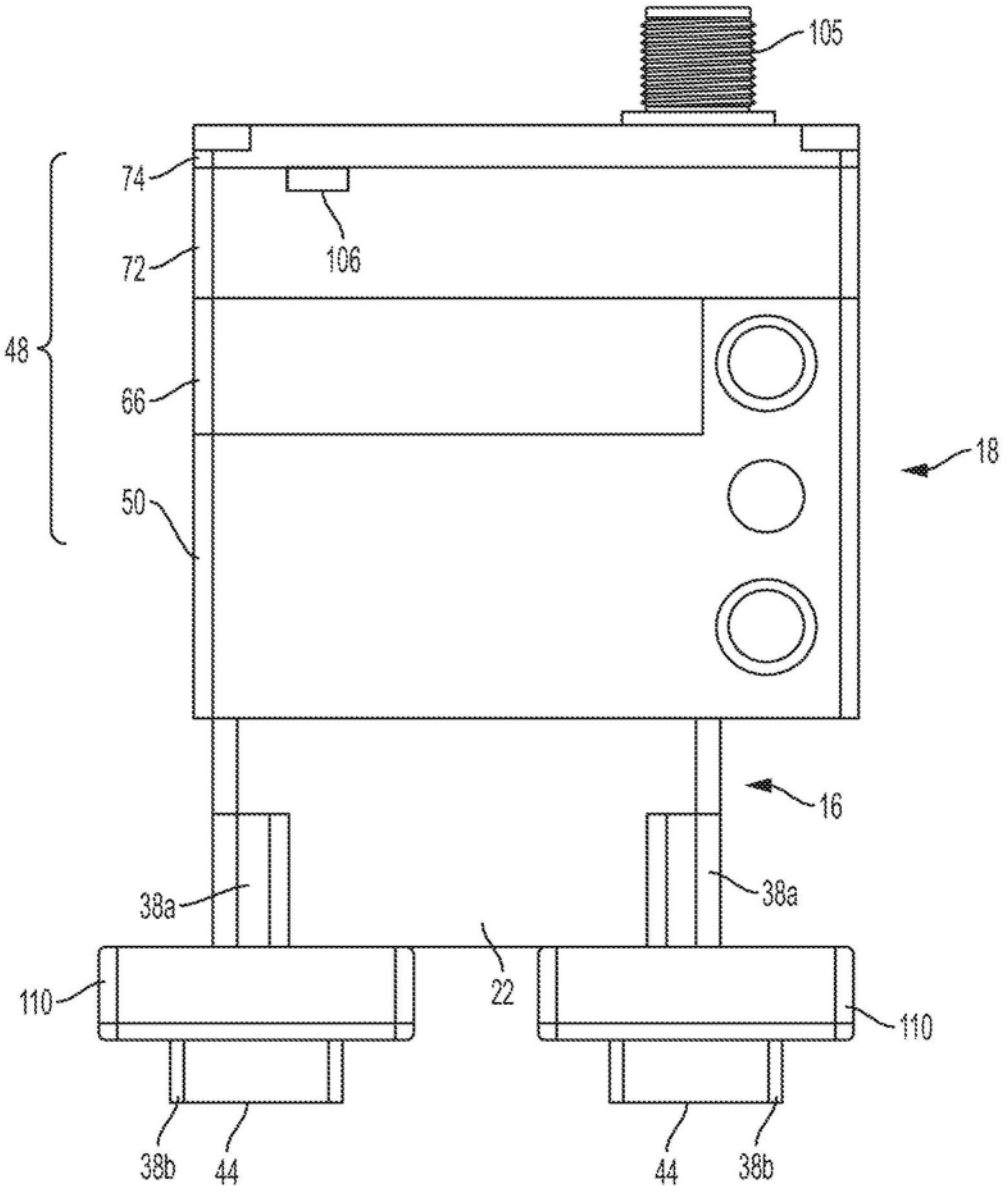


图9

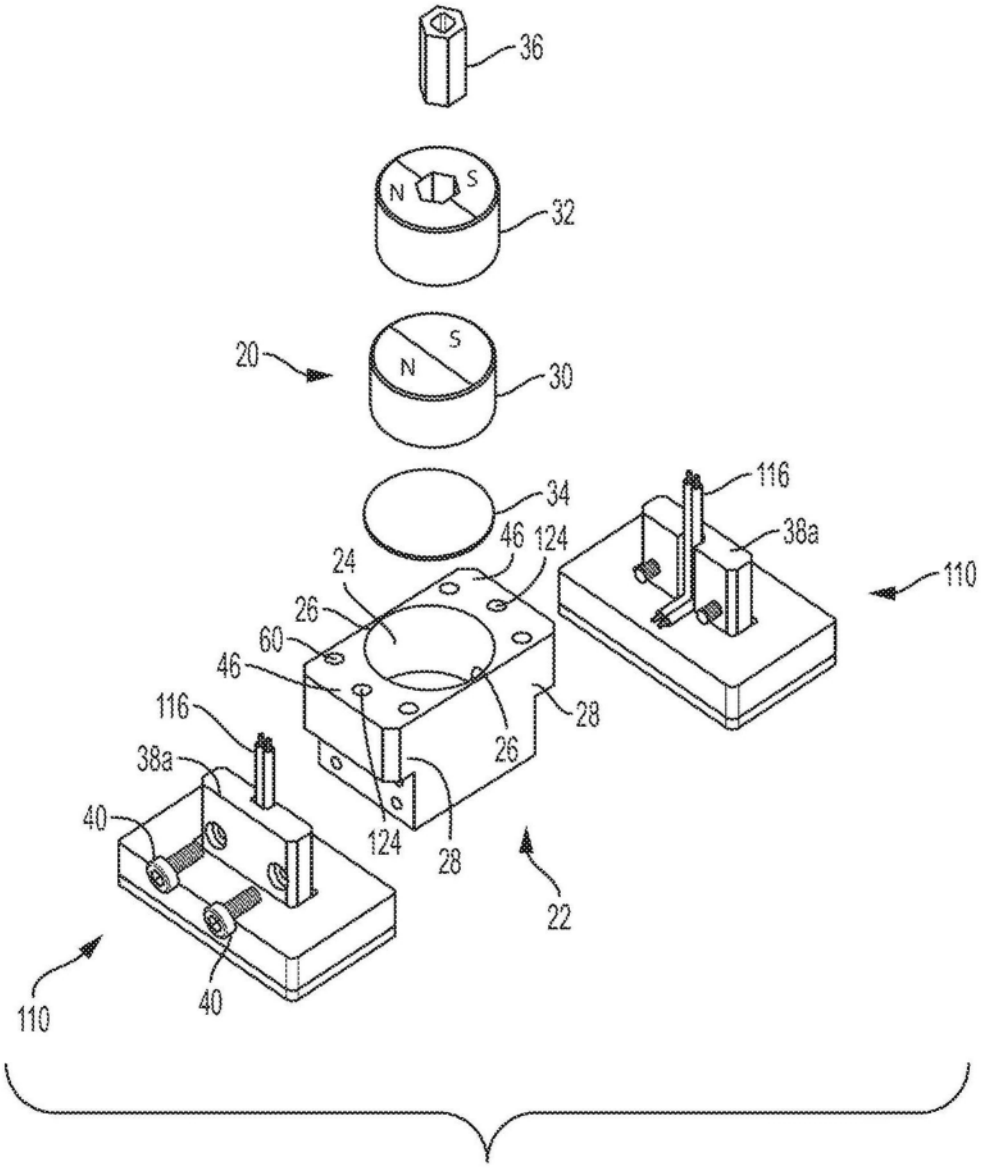

36
N
S
32
20
S
N
30
34
116
38a
110
46
124
24
26
60
46
28
26
116
38a
40
124
28
22
110
40

图10

图10

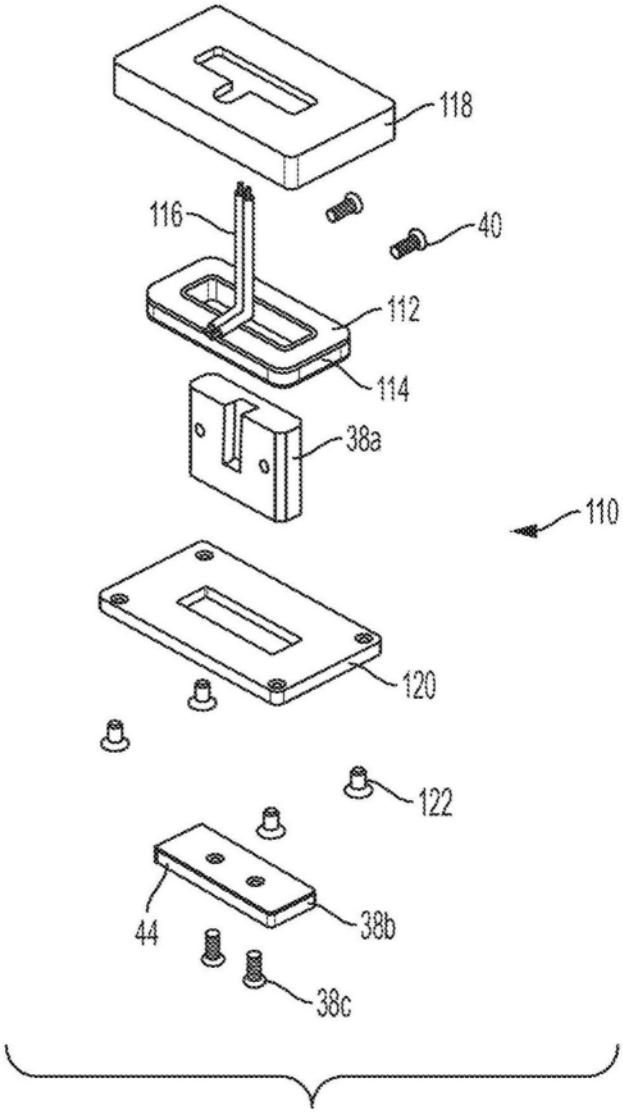


图11

图11

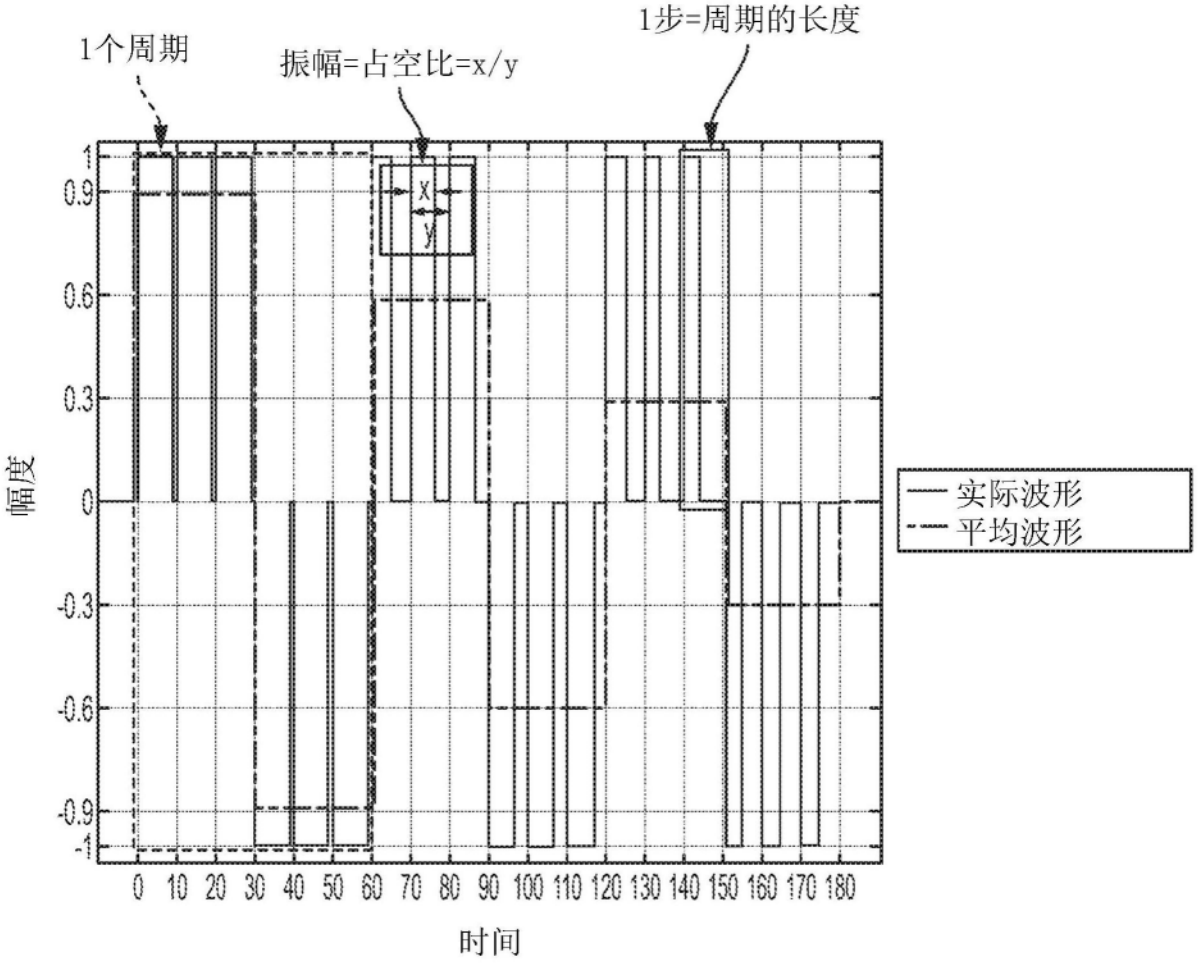

1个周期
振幅=占空比=x/y
1步=周期的长度
x
y
1
0.9
0.6
0.3
0
-0.3
-0.6
-0.9
-1
幅度
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180
时间
实际波形
平均波形

图12

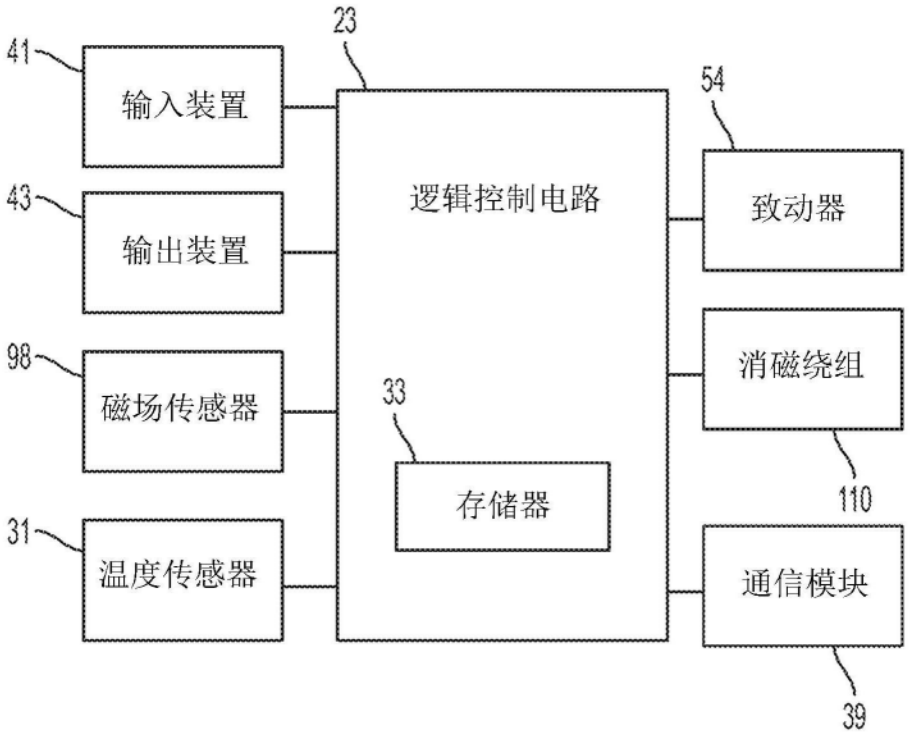

41
输入装置
43
输出装置
98
磁场传感器
31
温度传感器
23
逻辑控制电路
33
存储器
54
致动器
消磁绕组
110
通信模块
39

图13

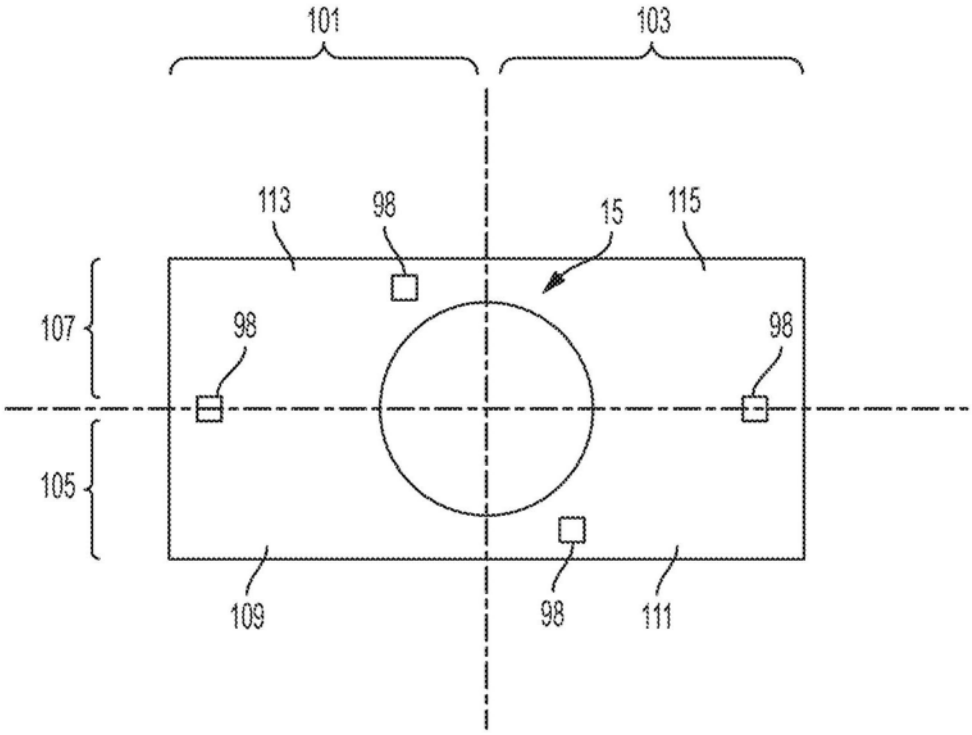

101
103
113
98
15
115
107
98
98
105
109
98
111

图14

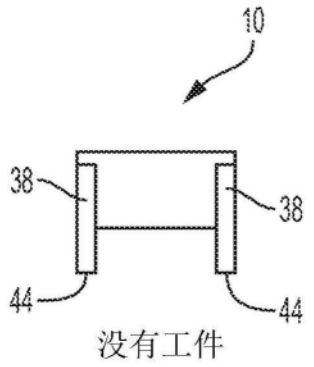


图15

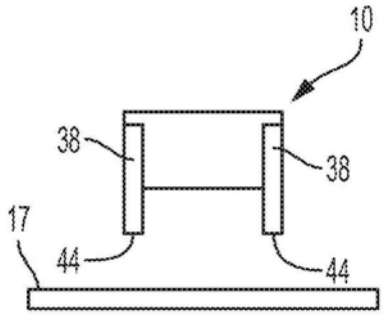


图16

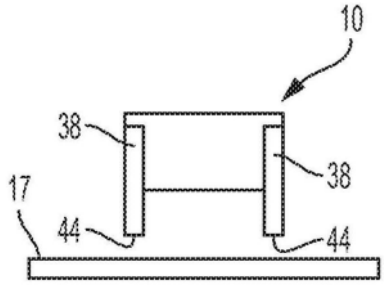


图17

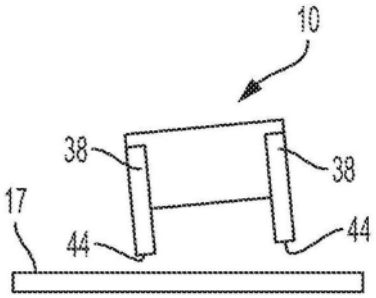


图18

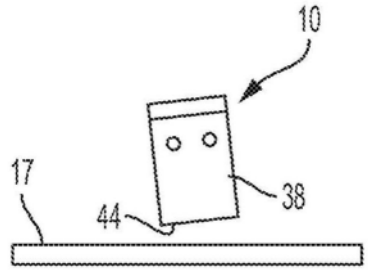


图19

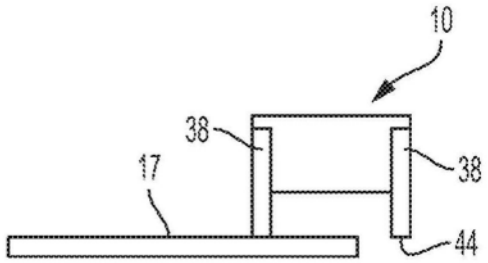


图20

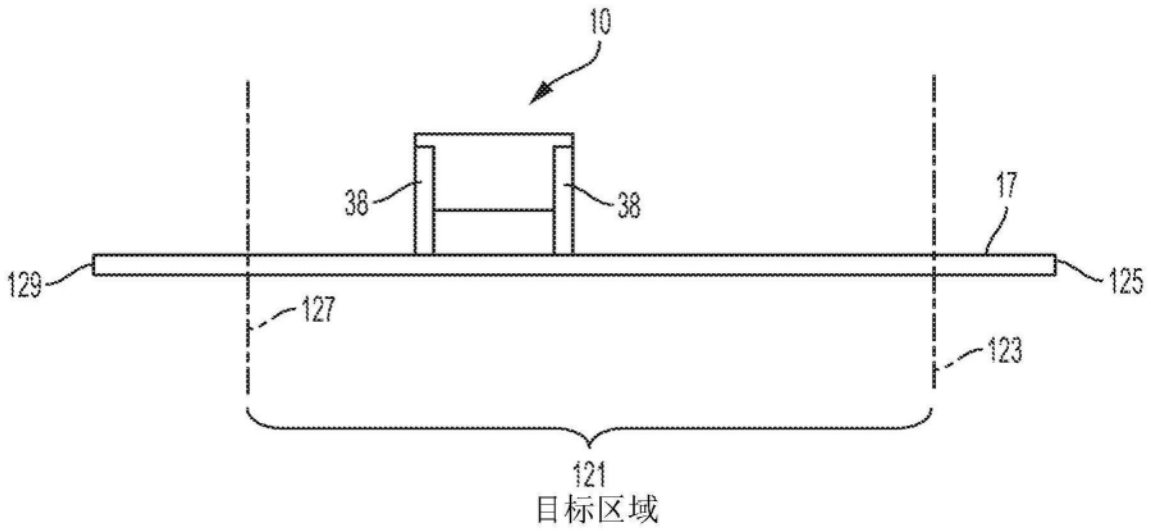

10
38
38
17
129
125
127
123
121
目标区域

图21

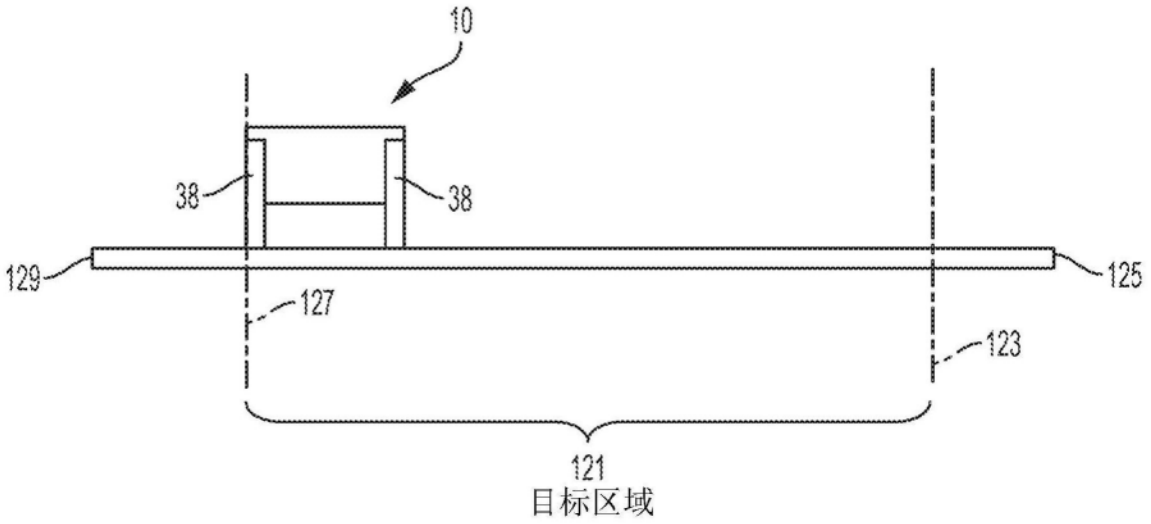

10
38
38
129
125
127
123
121
目标区域

图22

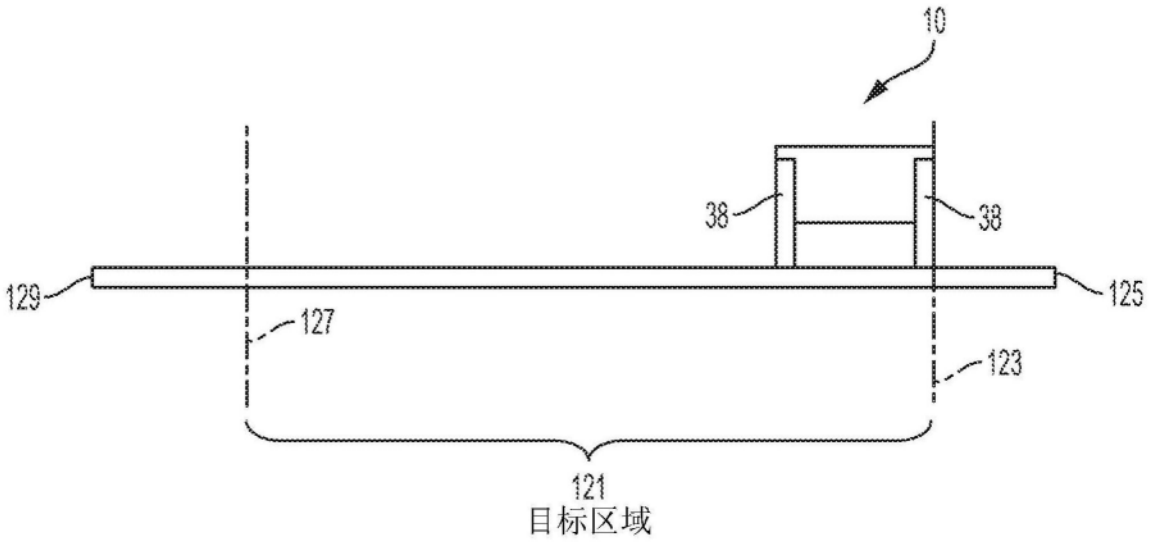


图23

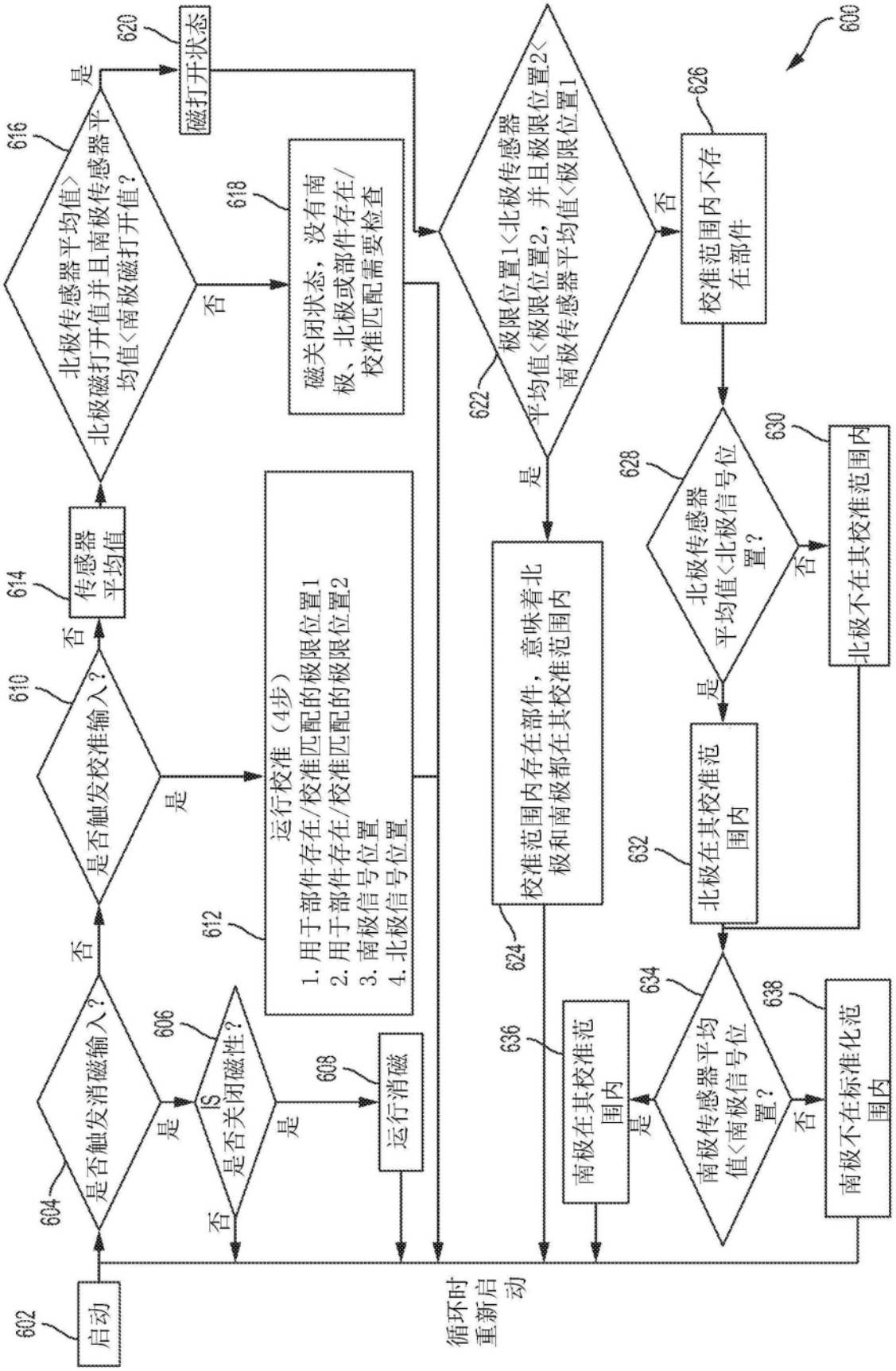

600
602
启动
604
是否触发消磁输入？
606
是否关闭磁性？
608
运行消磁
610
是否触发校准输入？
612
运行校准（4步）
1. 用于部件存在/校准匹配的极限位置1
2. 用于部件存在/校准匹配的极限位置2
3. 南极信号位置
4. 北极信号位置
614
传感器平均值
616
北极传感器平均值>北极磁打开值并且南极传感器平均值<南极磁打开值？
618
磁关闭状态，没有南极、北极或部件存在/校准匹配需要检查
620
磁打开状态
622
极限位置1<北极传感器平均值<极限位置2，并且极限位置2<南极传感器平均值<极限位置1
624
校准范围内存在部件，意味着北极和南极都在其校准范围内
626
校准范围内不存在部件
628
北极传感器平均值<北极信号位置？
630
北极不在其校准范围内
632
北极在其校准范围内
634
南极传感器平均值<南极信号位置？
636
南极在其校准范围内
638
南极不在标准化范围内
循环时重新启动
是
否

图24

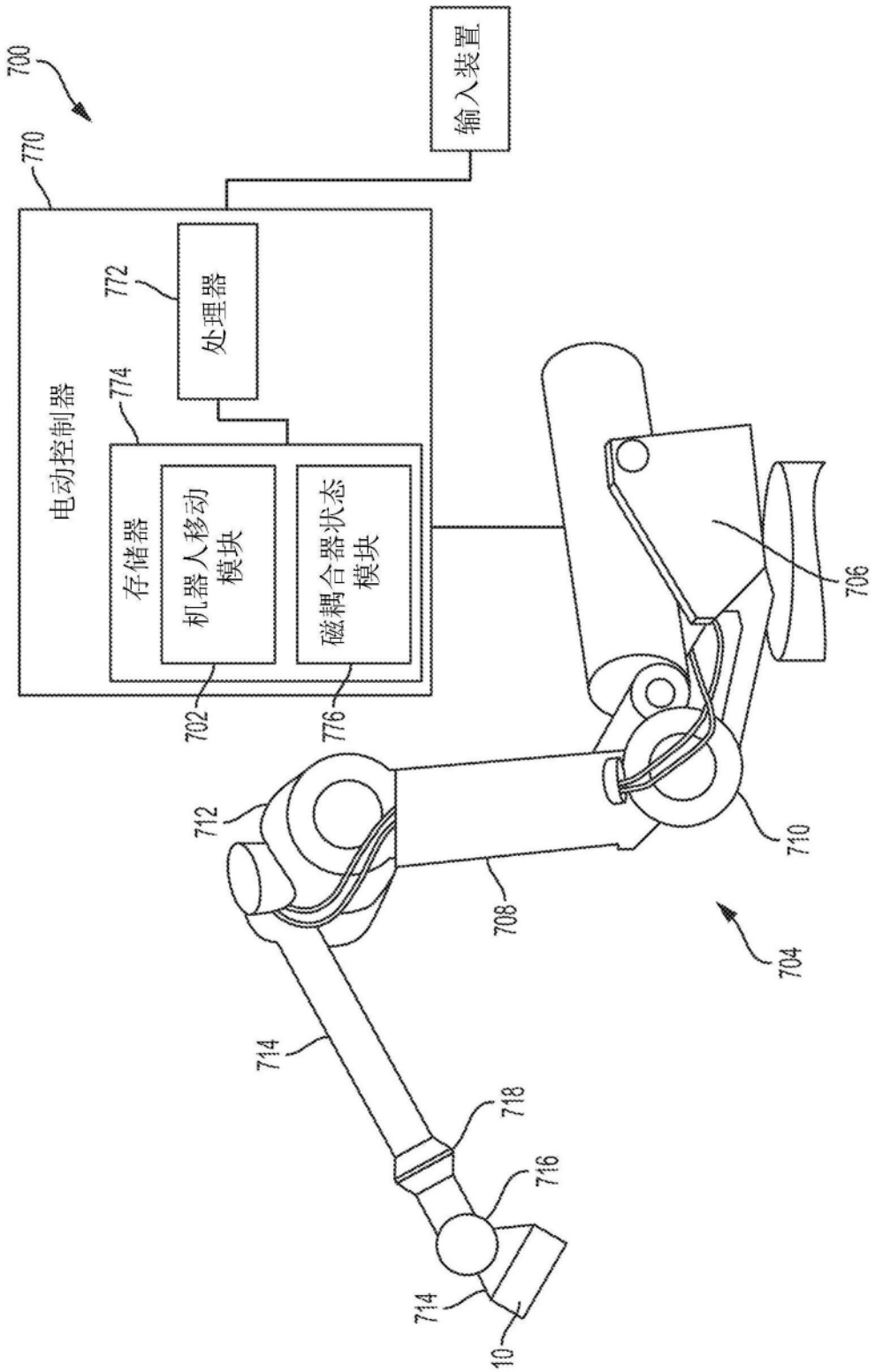

700
770
电动控制器
772
处理器
774
存储器
机器人移动模块
磁耦合器状态模块
输入装置
702
776
712
714
718
716
714
10
708
710
704
706

图25

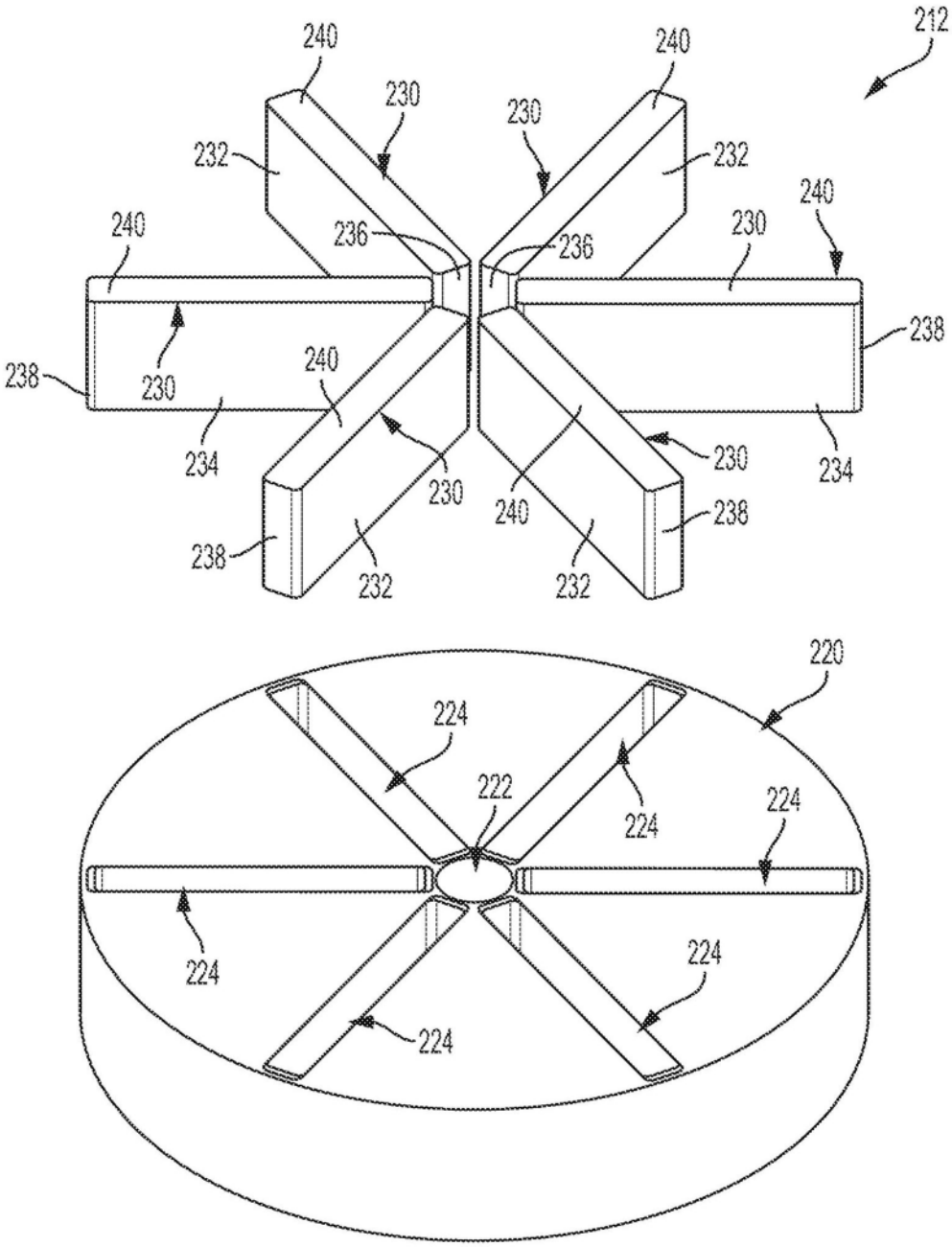


图26

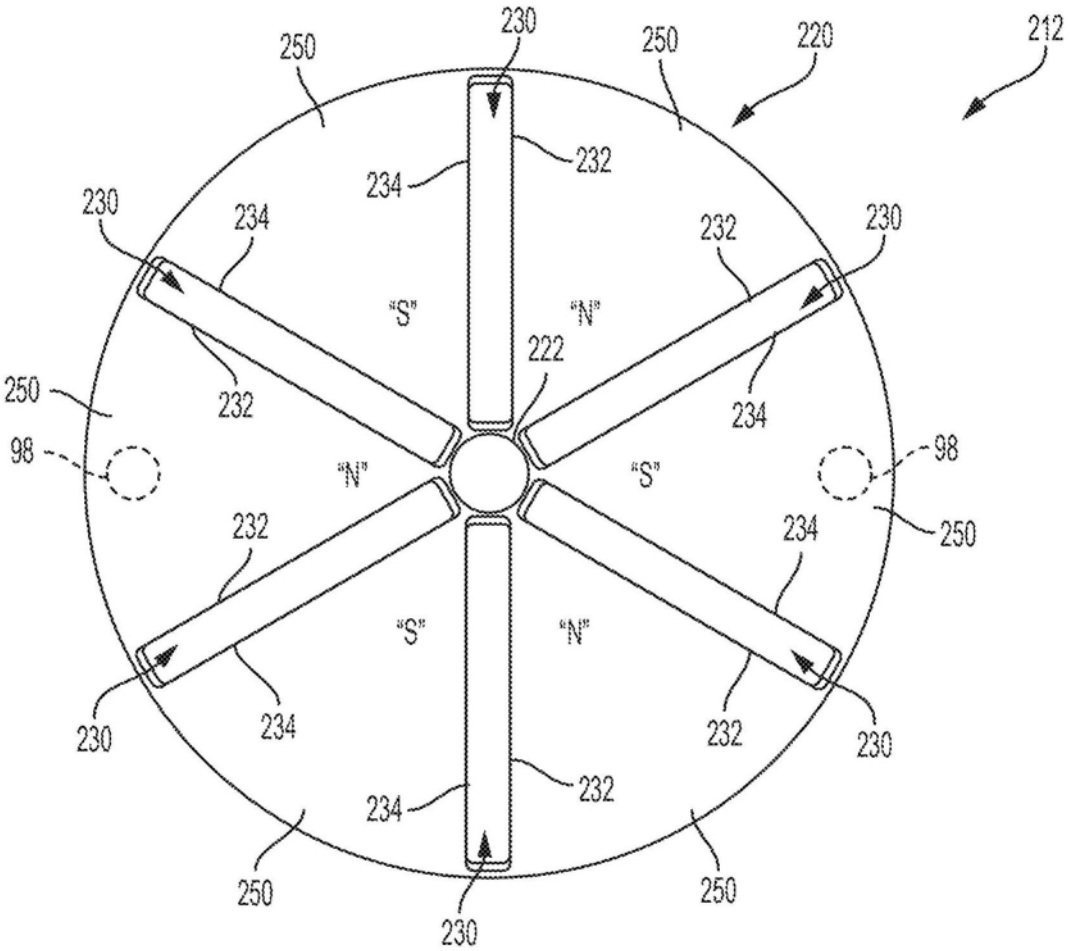

230
250
250
220
212
232
234
230
234
232
230
"S"
"N"
222
250
232
234
98
"N"
"S"
98
250
232
234
"S"
"N"
230
234
232
230
234
232
250
250
230

图27

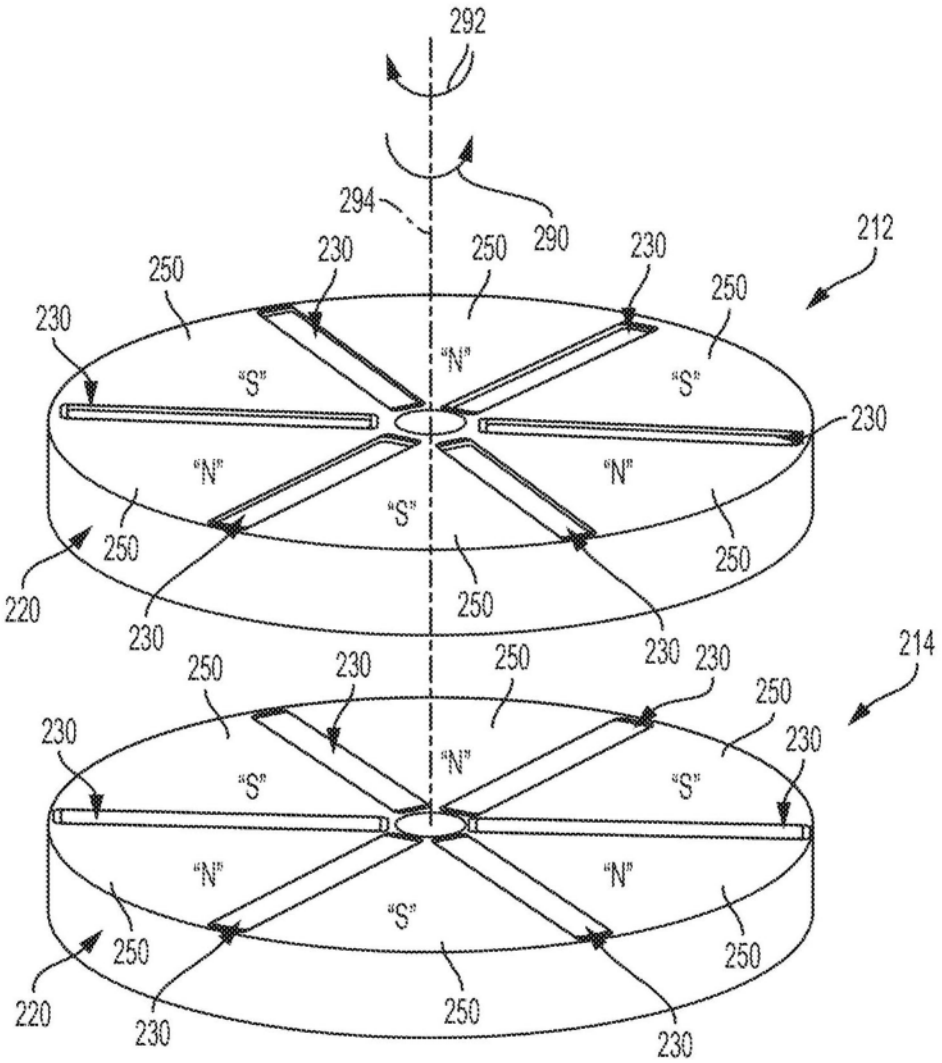


图28

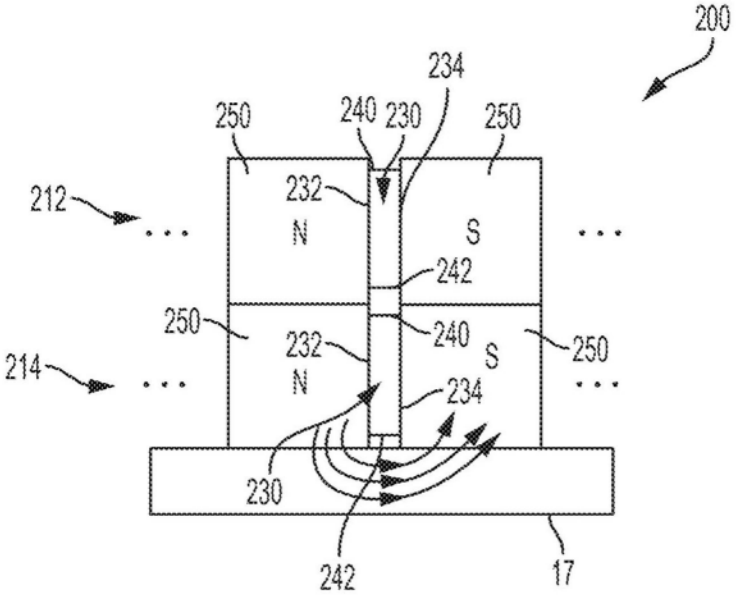

200
234
250
240
230
250
212
232
N
S
242
250
240
232
S
250
214
N
234
230
242
17

图29

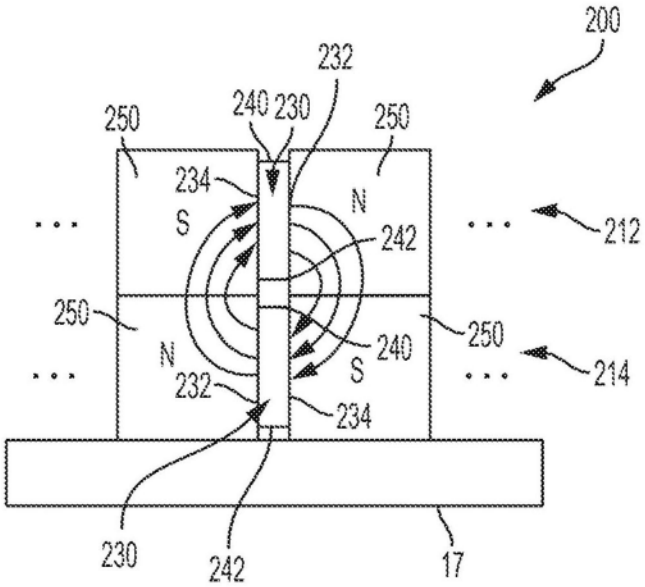

200
232
250
240
230
250
234
N
S
242
212
250
250
N
240
S
214
232
234
230
242
17

图30

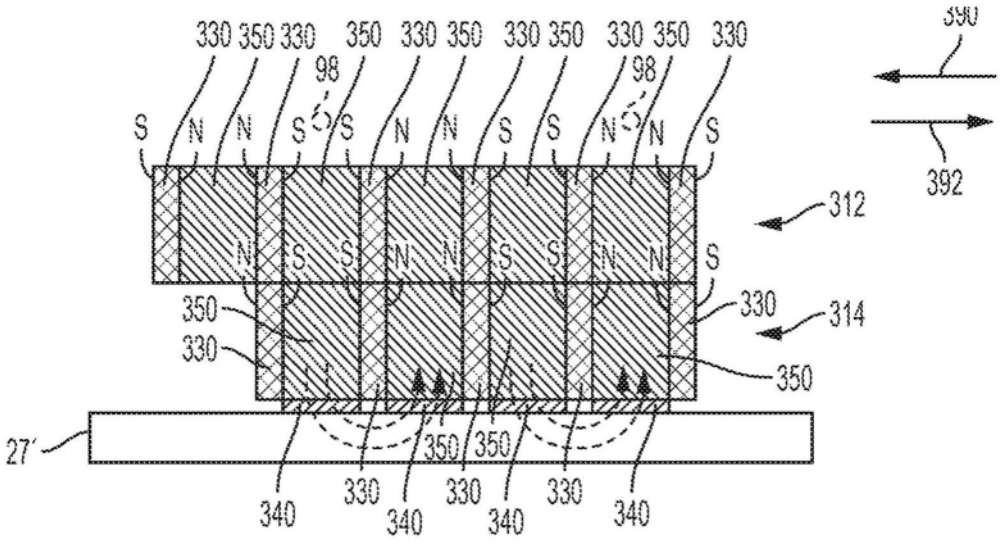

330 350 330 350 330 350 330 350 330 350 330
98
98
390
392
S N N S S N N S S N N S
312
N S S N N S S N N S
350
330
330
314
350
27'
350 350
340 330 340 330 340 330 340

图31

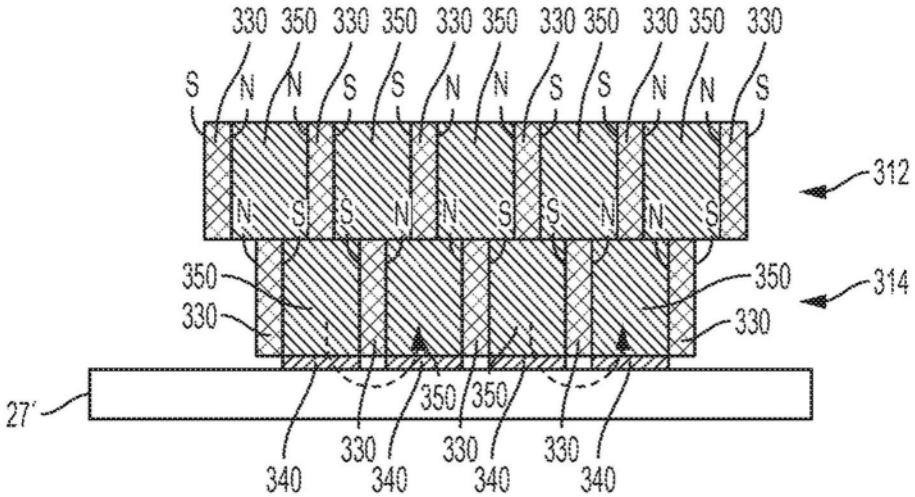

330 350 330 350 330 350 330 350 330 350 330
S N N S S N N S S N N S
312
N S S N N S S N N S
350
330
350
330
314
27'
350 350
340 330 340 330 340 330 340

图32

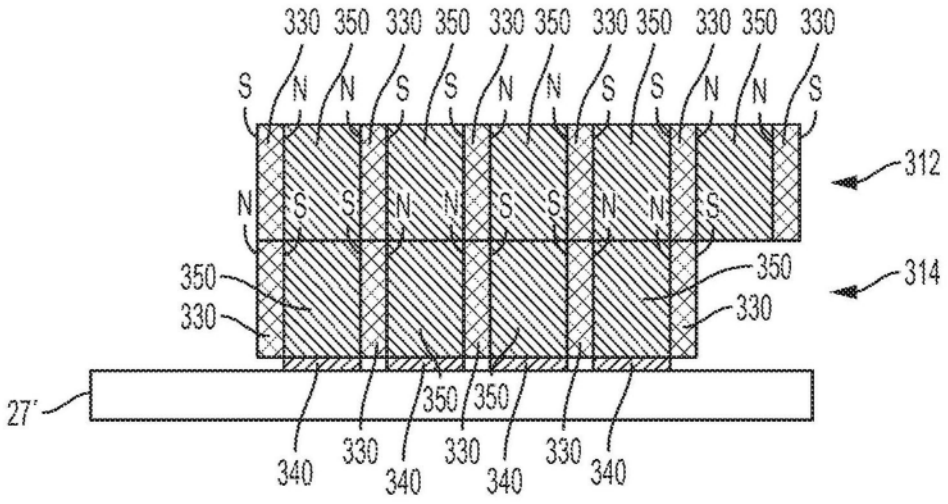

330 350 330 350 330 350 330 350 330 350 330
S N N S S N N S S N N S
312
N S S N N S S N N S
350
330
350
330
314
27'
350 350
340 330 340 330 340 330 340

图33

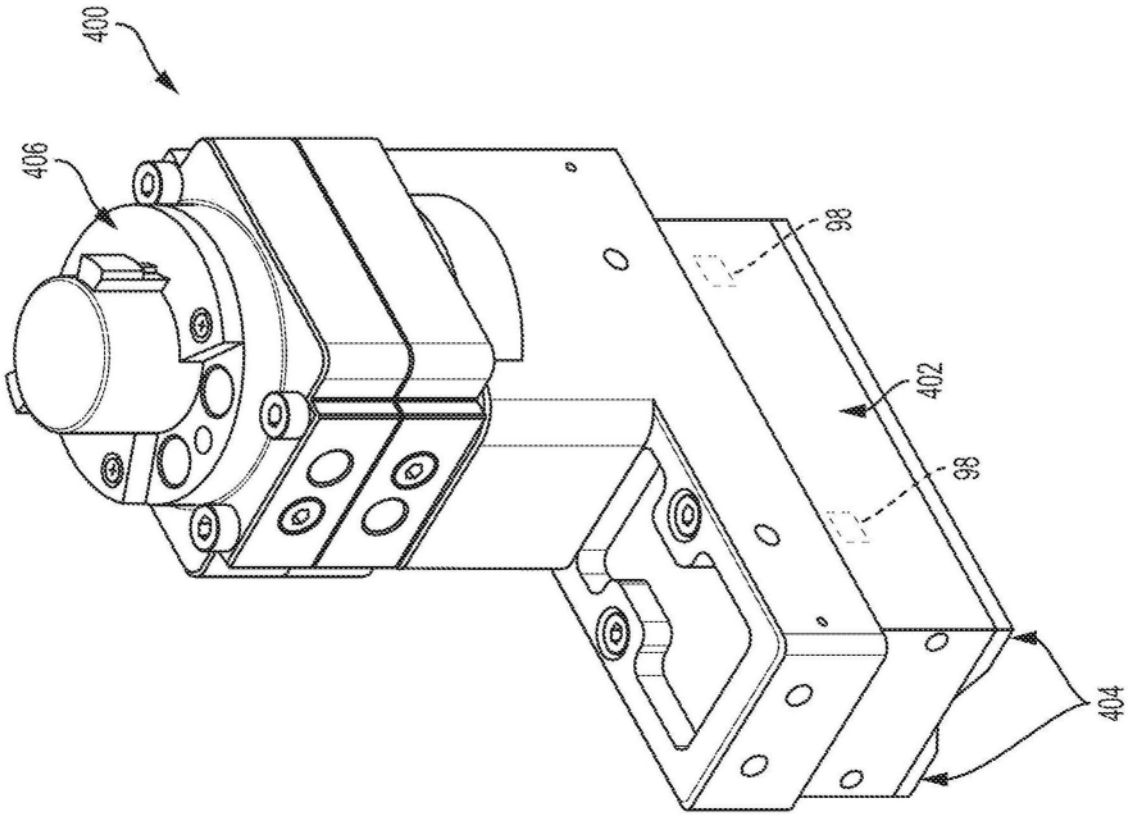

400
406
98
402
98
404

图34

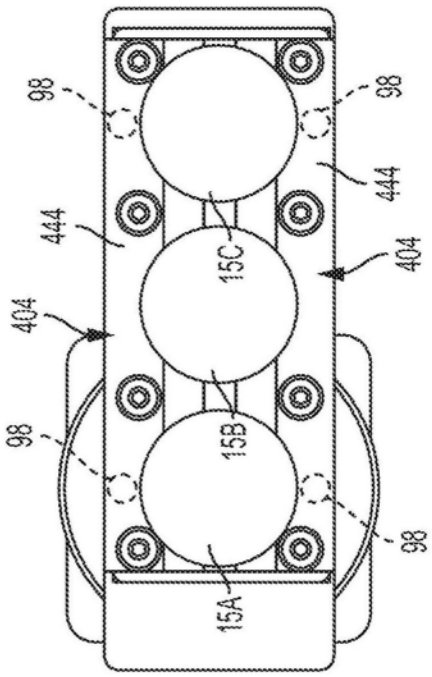


图35

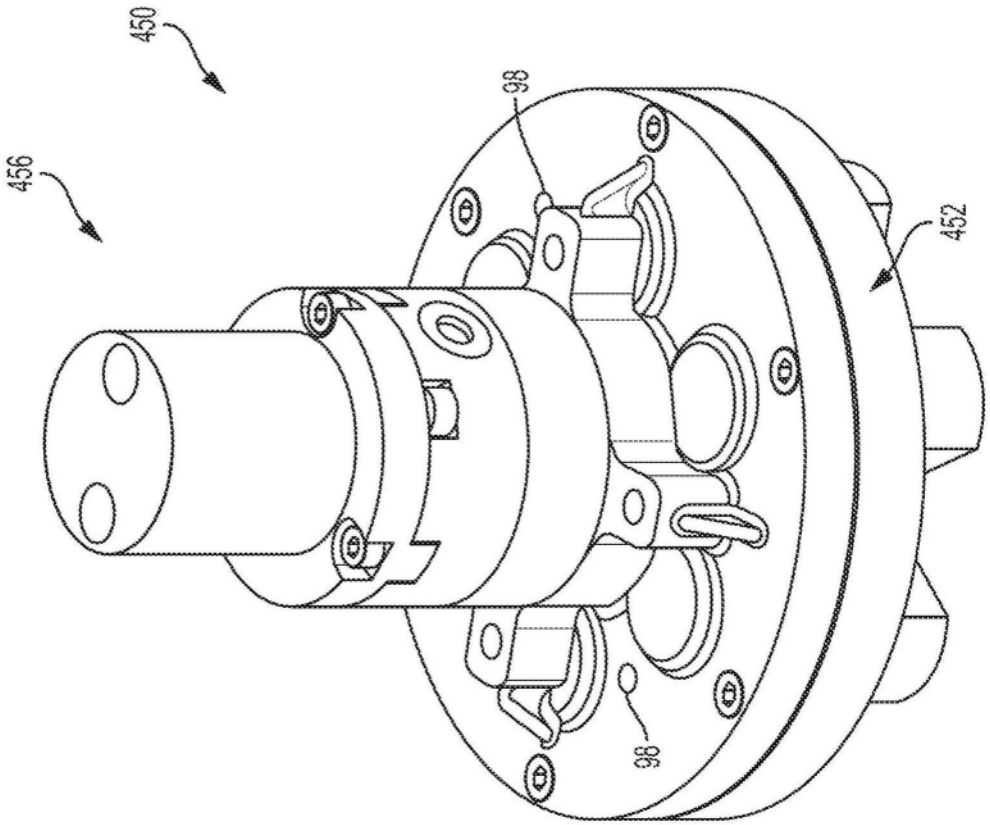


图36

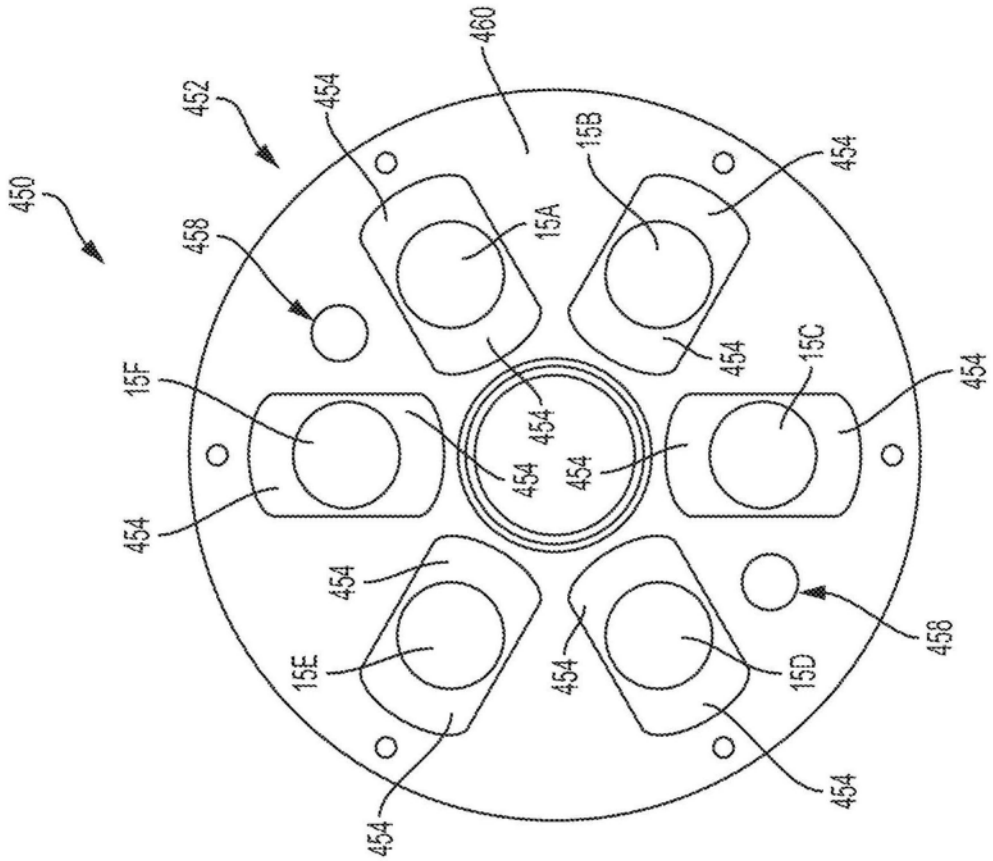

450
452
454
460
15B
454
458
15A
454
15C
454
15F
454
454
454
454
454
15E
454
15D
458
454
454

图37