(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101463825 B
(45)授权公告日 2013.03.13

(21)申请号 200810183984.6

(22)申请日 2008.12.19

(30)优先权数据
0724837.0 2007.12.20 GB

(73)专利权人 爱德华兹有限公司
地址 英国西萨塞克斯郡

(72)发明人 U·M·赫菲尔 B·D·布鲁斯特 A·韦

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
代理人 曾祥夌 杨松龄

(51)Int.Cl.
F04D 19/04(2006.01)
F04D 29/52(2006.01)
F04D 29/02(2006.01)
H02K 29/10(2006.01)
H02P 6/00(2006.01)

(56)对比文件
JP 3740083 B2,2006.01.25, 说明书第16-22段、附图1.
CN 1110376 A,1995.10.18, 全文.
DE 102005041501 A1,2007.03.08, 全文.
EP 0766366 A1,1997.04.02, 全文.
CN 1742195 A,2006.03.01, 全文.
CN 1641226 A,2005.07.20, 全文.

审查员 许可

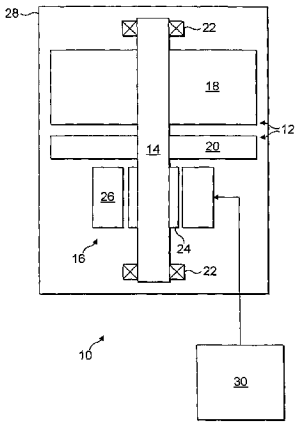
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 7 页

(54)发明名称

真空泵

(57)摘要

本发明涉及一种真空泵。真空泵10包括:真空泵浦机构12,其安装成以便由轴14旋转;无刷电动机16,其用于使所述轴旋转。真空泵浦机构12包括涡轮式泵浦机构18和分子拖动泵浦机构20,涡轮式泵浦机构18包括多个泵级,分子拖动泵浦机构20包括至少一个泵级。轴14由轴承22支承,以便旋转。电动机16包括相对于轴14固定的永磁体转子24。转子24具有四个磁极,并且定子26具有非交叠的定子线圈。



CN 101463825 B

1. 一种真空泵，其包括可由轴旋转的真空泵浦机构和用于使所述轴旋转的无刷电动机，其中，所述电动机包括：

永磁体转子，其相对于所述轴固定，所述转子具有至少四个磁极；

定子，其相对于泵壳固定，所述定子具有非交叠的定子线圈；和

电动机控制装置，其用于根据所述转子和所述定子的相对位置来选择性地激励所述定子线圈，使得所述转子可相对于所述定子而旋转，并且，其中，所述电动机控制装置配置成以便以某一频率来激励所述定子线圈，所述频率足以使所述真空泵浦机构以至少 20,000 转每分钟的速度旋转。

2. 根据权利要求 1 所述的真空泵，其特征在于，所述真空泵浦机构包括涡轮分子泵浦机构。

3. 根据权利要求 2 所述的真空泵，其特征在于，所述泵浦机构包括 Holweck、Gaede 或 Siegbahn 泵浦机构的其中之一。

4. 根据权利要求 1 所述的真空泵，其特征在于，所述电动机控制装置包括用于检测所述转子和所述定子的所述相对位置的光学传感器。

5. 根据权利要求 1 所述的真空泵，其特征在于，所述电动机控制装置配置成以便通过对所述定子线圈中的磁通量进行计算来确定所述转子和所述定子的所述相对位置。

6. 根据权利要求 5 所述的真空泵，其特征在于，所述磁通量是通过对所述定子线圈中的电压和电流进行测量来计算的。

7. 根据权利要求 1 所述的真空泵，其特征在于，所述真空泵用于对磁干扰敏感的设备。

8. 根据权利要求 7 所述的真空泵，其特征在于，所述设备用于计量、成像或图案制作的其中一项技术。

9. 根据权利要求 1 所述的真空泵，其特征在于，所述真空泵包括由高导电率或高磁导率的材料制成的泵壳。

10. 根据权利要求 9 所述的真空泵，其特征在于，所述材料由铝合金制成。

11. 根据权利要求 1 所述的真空泵，其特征在于，所述真空泵包括由高磁导率材料制成的泵壳。

12. 根据权利要求 11 所述的真空泵，其特征在于，所述材料由钢制成。

真空泵

技术领域

[0001] 本发明涉及一种真空泵。

背景技术

[0002] 涡轮式、Siegbahn 型、Holweck 型和 Gaede 型都是已知的真空泵浦机构。这些机构由产生围绕某轴线的旋转的电动机来驱动。时常需要提供一种尺寸紧凑的真空泵，以便获得紧凑的设计，相对于各种不同类型的泵浦机构，该电动机以不同的方式进行定位，以提高泵内部空间的利用率。例如，如图 8 中示意性地所示，Holweck 泵浦机构包括可以围绕轴线 82 旋转的至少一个缸体 80。缸体沿径向向内提供了空间，如果将电动机 84 的外径约束为以便其装配在该空间内，则该电动机可定位在该空间中。因为 Holweck 缸体相对较长，所以电动机的轴向长度相对受到较少的约束。如图 9 中示意性地所示，Gaede 或 Siegbahn 泵浦机构包括可围绕轴线 82 旋转的至少一个盘 86。通常，用于这种机构的电动机 88 定位在该机构的一个轴向侧上，且因此需要限制电动机的轴向长度，以便节约泵中的空间。相反，用于 Gaede 或 Siegbahn 机构的电动机的径向尺寸相对受到较少的约束。

[0003] 用于真空泵的电动机根据使用它们的泵浦机构的类型而在轴向或径向尺寸上受到约束，且因此必须提供两种不同类型的电动机。具有紧凑尺寸的电动机适用于 Holweck 类型和 Siegbahn 及 Gaede 类型的真空泵浦机构。

[0004] 真空泵可供对磁干扰敏感的科学设备或制造设备使用。这种设备包括电子显微镜、聚焦离子束仪器和光刻设备。上述类型的涡轮分子泵时常用于获得这种设备中通常要求的高度真空。图 10 中显示了一种涡轮分子泵 90。这种泵设计成用于 36,000 至 90,000rpm 范围内的高转速，并可由永磁无刷直流 (DC) 电动机 92 驱动。这种电动机具有双极构造，以降低换向频率，并简化驱动电子装置的设计。无刷直流电动机通常包括一个或多个霍耳效应传感器 94，以用于检测永磁体转子 96 的旋转。转子 96 沿轴向延伸而超出定子 98 的端部，从而传感器可以测量该转子的旋转。转子的扩展部分使得增加的杂散磁场泄漏出泵，并干扰科学设备或制造设备，即便扩展部分通常可能只有约 5mm。因此需要减少来自电动机的磁干扰。

发明内容

[0005] 本发明提供了一种真空泵，其包括可由轴旋转的真空泵浦机构和用于使所述轴旋转的无刷电动机，其中，所述电动机包括 ：相对于所述轴固定的永磁体转子，所述转子具有至少四个磁极 ；相对于泵壳固定的定子，所述定子具有非交叠的定子线圈 ；以及电动机控制装置，其用于根据所述转子和所述定子的相对位置来选择性地激励所述定子线圈，使得所述转子能够相对于所述定子进行旋转。

[0006] 在所附的权利要求中限定了其它优选和 / 或可选的特征。

附图说明

[0007] 为了更好地理解本发明，现在将参看附图来描述其一个实施例，该实施例只是作为示例而给出的，附图中：

[0008] 图 1 是一种真空泵的示意图；

[0009] 图 2 是用于图 1 中所示的真空泵的电动机的轴向端部的视图；

[0010] 图 3 是用于图 1 和 2 中所示的电动机的绕组装置的简化图；

[0011] 图 4 是用于现有技术电动机的绕组装置的简化图；

[0012] 图 5 显示了一种用于图 1 和 2 所示电动机的电动机控制装置；

[0013] 图 6 是一种真空泵的示意图，其包括由图 2 中所示的电动机驱动的 Holweck 型真空泵浦装置；

[0014] 图 7 是一种真空泵的示意图，其包括由图 2 中所示的电动机驱动的 Gaede 型或 Siegbahn 型真空泵浦装置；

[0015] 图 8 是一种真空泵的示意图，其包括由现有技术电动机驱动的 Holweck 型真空泵浦装置；

[0016] 图 9 是一种真空泵的示意图，其包括由现有技术电动机驱动的 Gaede 或 Siegbahn 型真空泵浦装置；和

[0017] 图 10 是一种现有技术真空泵的示意图。

具体实施方式

[0018] 参看图 1，显示了真空泵 10，其包括安装成用于由轴 14 旋转的真空泵浦机构 12，和用于使该轴旋转的无刷电动机 16。真空泵浦机构 12 包括涡轮式泵浦机构 18 和分子拖动泵浦机构 20，涡轮式泵浦机构 18 包括多个泵级，分子拖动泵浦机构 20 包括至少一个泵级。轴 14 由轴承 22 支承，以便进行旋转。

[0019] 真空泵浦机构可包括任何一种或多种类型的涡轮分子泵浦机构，例如但不局限于涡轮式、Gaede、Siegbahn 或 Holweck 类型的机构。如图 1 中所示，其显示了涡轮式机构和 Siegbahn 机构。

[0020] 真空泵浦机构需要在高速下旋转，其通常在至少 20,000rpm 的速度，并且一般在大约 36,000 与 90,000rpm 之间的速度下旋转。这种高速对于获得从该泵的入口处的大约 1×10-10 托 (Torr) 压力与该泵的出口处 1 托压力的压缩是必要的。因此真空泵被认为是一种非常高速的泵。

[0021] 电动机 16 包括相对于轴 14 固定的永磁体转子 24。转子 24 具有四个磁极，其将在下面参看图 2 进行更详细地描述。根据需要更可采用不止四个磁极。电动机包括相对于泵壳 28 固定的定子 26。定子具有非交叠的定子线圈，其也将在下面参看图 2 进行更详细地描述。

[0022] 电动机控制装置 30 是可操作的，其用于通过根据转子 24 和定子 26 的相对位置选择性地激励定子线圈来使电动机换向，使得转子可相对于定子而旋转，以便驱动泵浦机构 12。以下将参看图 5 对电动机控制装置 30 进行更详细地描述。电动机控制装置 30 配置成以便在没有传感器，例如霍耳效应传感器或其它基于磁场的传感器的条件下控制对定子线圈的选择性激励。因此，不需要使转子 24 如图 10 中所示延伸超出定子 26 以容许这种传感器起作用。结果，利用图 1 中所示的装置减少了现有技术无刷电动机遭遇的杂散磁场，且因

此，真空泵 10 更适合于供对磁干扰敏感的科学设备或制造设备使用。

[0023] 图 2 中显示了电动机 16 的轴向端部。转子 24 通常是圆柱形的，其具有径向内表面，该内表面固定到轴 14 的径向外表面上，以便围绕轴线 32 旋转。转子具有四个大体相同的弓形区段，或者如果转子具有一体式构造，则具有构成转子的四个磁极的四个大体相同的弓形转子部分。北极和南极交替地设置在转子周围，各磁极围绕轴线 32 延伸不超过 90° 。虽然图 2 中显示了四个磁极，但是根据要求可采用四个以上磁极。

[0024] 定子 26 通过合适的手段而相对于泵壳 28 固定。定子具有带大体环状周边部分的铁芯，或背铁 34，六个极靴 36 自该铁芯或背铁沿径向向内延伸。极靴围绕周边部分 34 以大约 60° 的角度大体等角度地间隔开。各个极靴 36 的径向内表面与转子 24 的径向外表面间隔开某一空气间隙，其中，通过操作定子来控制磁通量，以控制转子的旋转。

[0025] 虽然所显示的实施例包括具有四磁极转子和六个定子极靴的三相电动机，但是其它相位、磁极和极靴的组合都处于本发明的范围内。例如，该电动机可包括等于或大于四 (4,6,8,10 等等) 的任意偶数磁极。然而，对于太多磁极存在相关的缺点，因为这会导致较高的换向频率，其涉及复杂且昂贵的处理要求。这种高频率还可在电动机中产生不可接受的损失。根据要求可提供多于或少于三相的相位，然而，对于提供平滑的扭矩分布而言，至少三相是优选的。在 P 表示磁极的数量，M 表示相位的数量的情况下，极靴的数量必须等于或大于 P/2×M。

[0026] 定子绕组包括三根导线，其构造成以便形成六个非交叠的定子线圈 38。六个定子线圈围绕相应的极靴 36 而缠绕，这些极靴如 A1，B1，C1，A2，B2，C2 所示。第一导线 40 连接在电接点 41 之间，并形成 A1 和 A2 处的定子线圈。第二导线 42 连接在电接点 43 之间，并形成 B1 和 B2 处的定子线圈。第三导线 44 连接在电接点 45 之间，并形成 C1 和 C2 处的定子线圈。如下所述，电接点 41，43，45 都连接到变频器 60 上。如图 2 中的箭头所示，第一、第二和第三导线其中各导线均延伸超出定子铁芯部分 34 的轴向端部，在相应的线圈 A1 和 A2、B1 和 B1、以及 C1 和 C2 之间延伸。定子的轴向长度由周边部分 36 的长度以及突伸超出了部分 36 的各个轴向端面的绕组的轴向距离来确定。另外，导线 40，42，44 延伸超出铁芯的端面，且因此可进一步延长定子的轴向大小。

[0027] 图 3 显示了图 2 的非交叠绕组装置，且图 4 显示了现有技术的交叠装置。在图 3 中，非交叠的定子绕组可现场缠绕，并同交叠绕组相比在电动机轴向和 / 或周边方向占据较少的空间。在这点上，对于非交叠绕组，在各个极靴周围和以及各极靴轴向端部处所需要的空间是较少的，因为在各个极靴周围只缠绕有一个线圈。另外，交叠绕组装置不能现场缠绕，而是需要相对较复杂且费时的绕组技术。如果采用本发明中的非交叠绕组装置，那么还可能提供一种带有分段的定子铁芯的定子。通常，在这种定子铁芯中，各分段包括一个极靴，并且在集成这些分段以形成定子之前，可以很容易地制作绕组。在分段的定子中还有一个优势是，可由非烧结的合成粉末材料利用标准的粉末冶金工艺制成定子。这种定子的各个分段可模制 / 铸造而成，从而使得极靴的轴向端部与背铁 (周边部分 34) 的轴向端部间隔开，以提供用于绕组的空间，使得当在极靴上形成了绕组时，绕组不会延伸超出背铁的任一轴向端部。因此应该懂得，同图 4 中所示的现有技术构造相比，非交叠绕组具有相对较简单的构造，其更容易制造，并容许减少定子的轴向和 / 或径向大小。在图 4 中，绕组 102，104，106 更难以制造，并且不能现场成形，或与分段的定子结合成形。此外，这种绕组在各个极靴

周围占据了相对更多的空间，从而增加了电动机的直径，并且这种绕组在轴向方向上相对于背铁还具有更大的延展，从而增加了定子的轴向长度。

[0028] 图 5 显示了电动机控制装置 30。这种电动机控制装置可操作，以控制对 A1 和 A2、B1 和 B2、以及 C1 和 C2 处的定子线圈的激励，从而提供三相换向。电动机控制装置 30 通过测量定子绕组中的电压和电流来确定转子和定子的相对角度位置，并控制定子绕组的激励，以提供正确的换向。EP0925641、EP1189335 和 EP1705792 各示出了在不使用传感器的条件下用于使电动机换向的控制装置，这些申请其中各申请的内容通过引用而结合在本文中。

[0029] 更详细地说，控制装置 30 包括用于提供定子绕组 38 的相位激励的变频器 60。处理器 62（例如数字信号处理器）接收定子绕组 38 的电流和电压信号，并根据以下等式实时地确定各绕组中的磁通量变化。

[0030] $V = IR+L\ dI/dt+NA\ dB/dt$

[0031] 其中，相对于定子绕组，V 是电压，I 是电流，R 是电阻，N 是匝数，A 是横截面积，L 是电感，B 是磁通量密度。

[0032] 根据磁通量的变化可确定转子的角度位置，并使位置信号输出到控制单元 64，以用于控制变频器 60 以实现正确的换向。

[0033] 因为本文所述类型的真空泵需要在高转速下被驱动，所以定子绕组的换向频率必须是同等高的。同两极电动机相比，带有四个或更多磁极的转子的使用需要更高频率的换向。因此之前并不认为其适宜采用由带四磁极转子的电动机驱动的真空泵，因为所需的换向频率将高得惊人。然而，已经发现频率的这种增加对真空泵具有有利的效果。因为图 1 中所显示的泵壳 28 通常由导电材料，例如铝合金制成，所以所产生的交变磁场的频率上的增加将通过涡流屏蔽作用而导致壳体的衰减效应增强。因此，在真空泵中采用四磁极电动机使得真空泵更适合于供灵敏设备使用。

[0034] 当将交变磁场施加于由高导电率或高磁导率材料制成的泵壳上时，在壳体中引起了涡流。这些涡流产生了另一磁场，其抵消了原始施加的磁场，从而因为磁场穿过泵壳而减小。泵壳的表皮厚度 T_m 是穿过壳体距离测得的测量值，磁场穿过该壳体以比率“e”（大约 2.72）减少。因此，随着表皮厚度的减少，屏蔽作用增加。根据以下公式可计算表皮厚度。

[0035] $$t_m = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}}$$

[0036] 其中，ρ 是电阻率，μ 是磁导率，f 是随时间变化的磁场的频率。对于例如具有低电阻率的铝材料或例如具有高磁导率（相对磁导率高于 100）的低碳钢材料，表皮厚度相对较小，且因此屏蔽效应相对较大。四磁极转子的更高的频率将进一步增强屏蔽效应。

[0037] 如上所述，四磁极电动机需要更高频率的换向，其通常增加了定子中的铁耗。根据以下公式可估算出铁耗 W_{FE}。

[0038] $W_{Fe} \propto Volume \times B^2 \times \omega^2$

[0039] 其中，B 是磁通量密度，ω 是换向频率。

[0040] 如上所述，四磁极电动机需要较高的换向频率，这将增加定子中的铁耗。然而，由于图 2 和 3 中所示的非交叠绕组装置，通过避免交叠式绕组装置中通常包括的长的端部绕组，可降低铜耗。因为由于需要较少导线来形成绕组而降低了绕组的阻抗，所以降低了铜

耗。铜耗的这种降低可抵消定子铁耗的可能增加，以保持电动机的总损耗类似于传统的两极电动机中的损耗。

[0041] 因为四磁极电动机中的磁通量穿过电动机的四分之一而非一半，且因此径向延伸较少（在径向方向上磁通量密度大小更低），所以也减少了杂散磁场。另外，因为电动机的换向如图 5 中所示进行计算，所以还额外减少了杂散磁场，且因此不需要霍耳效应传感器。如上面关于现有技术所述，霍耳效应传感器的使用需要转子延伸超出定子，并导致杂散磁场增加。无传感器的电动机是有利的，因为其促使电动机更适合于供灵敏设备使用，例如用于计量、成像或图案制作其中之一的设备。作为无传感器电动机的备选，可使用光学传感器来确定转子的旋转，并将确定结果传送到电动机控制装置，以用于换向控制。

[0042] 同现有技术的电动机相比，电动机 16 在径向和轴向尺寸上得以减少，且因此如图 6 和 7 中所示，同图 8 和 9 相比，电动机 16 可供 Holweck 类型真空泵浦机构以及 Gaede 和 Siegbahn 类型真空泵浦机构使用。因此对于不同类型的泵浦机构，不需要生产多种不同类型的电动机，因而可降低生产成本。另一优势在于，电动机 16 的减小的尺寸容许实现更为紧凑的真空泵。

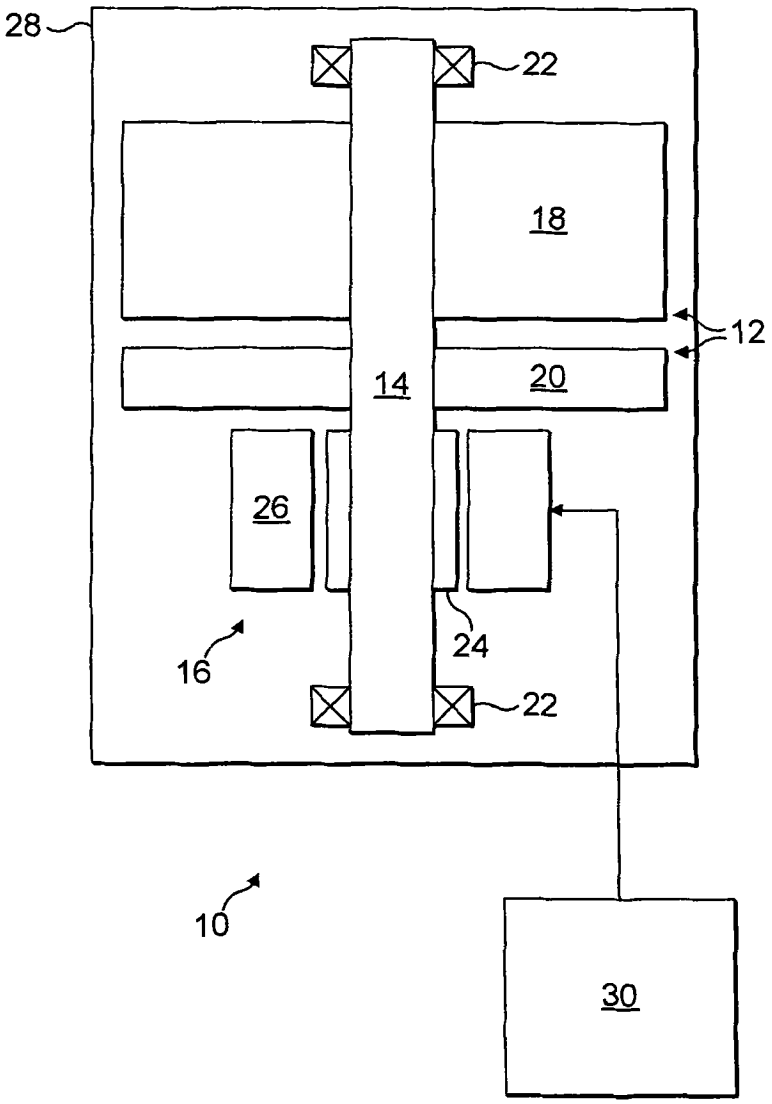


图 1

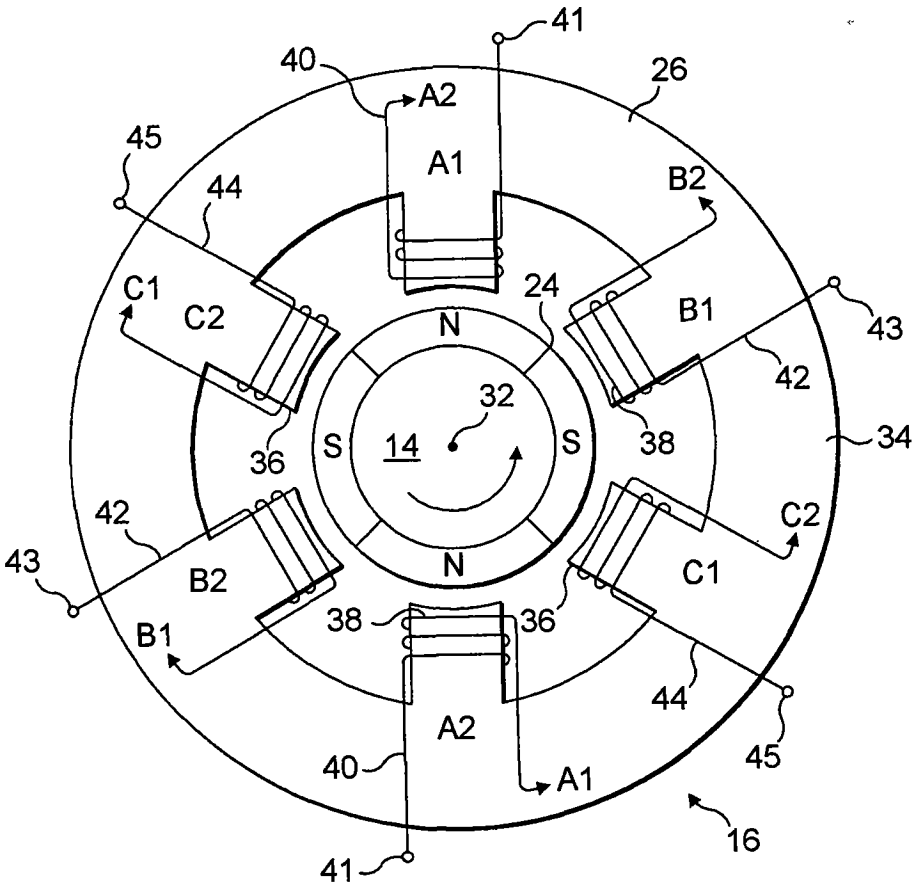

41
40
A2
26
45
A1
B2
44
C1
C2
24
B1
43
N
42
32
S
14
S
38
34
36
42
C2
43
B2
N
C1
38
36
B1
44
A2
45
40
A1
16
41

图 2

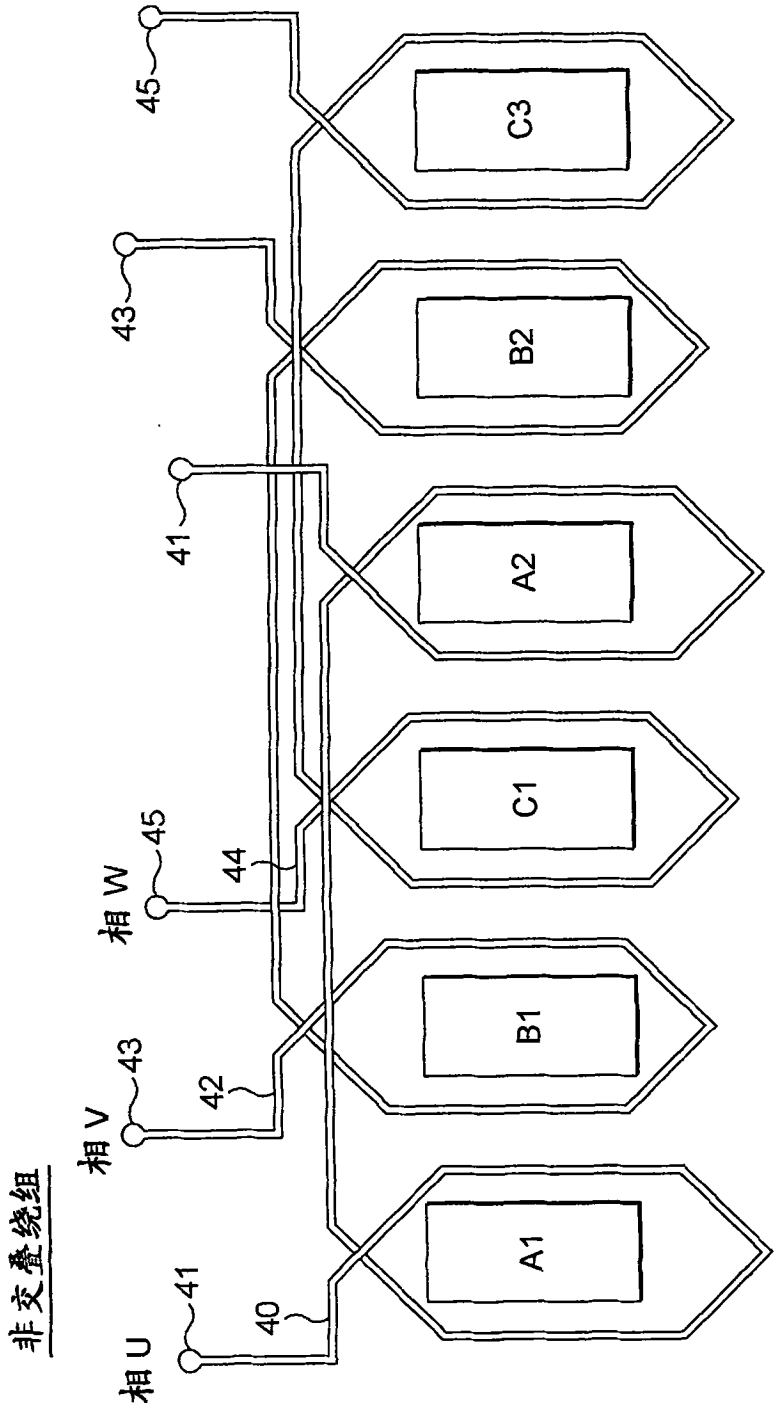


图 3

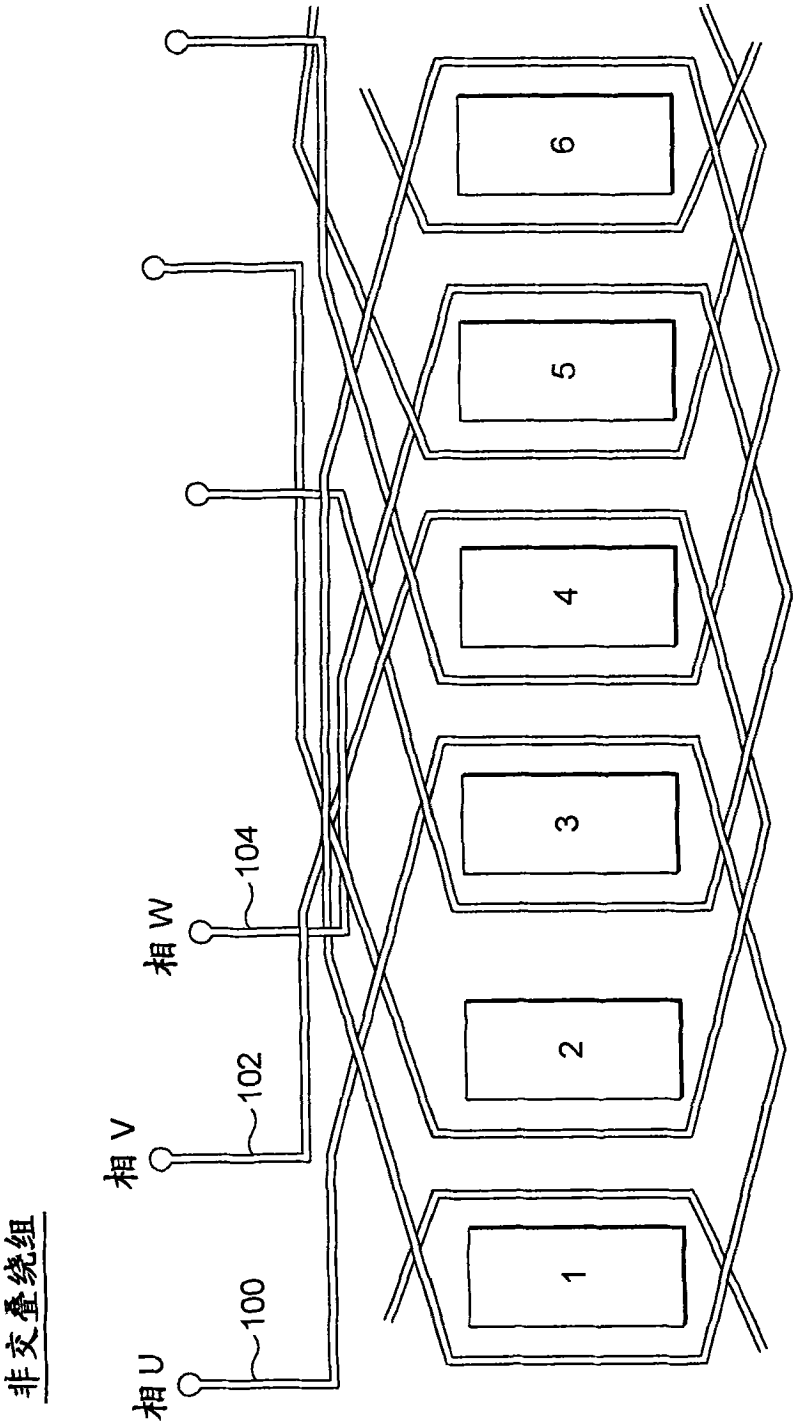


图 4

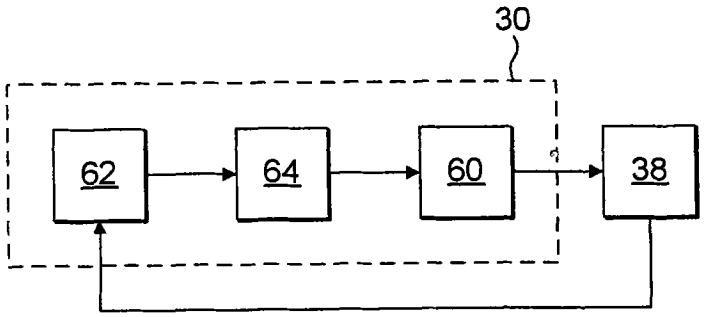


图 5

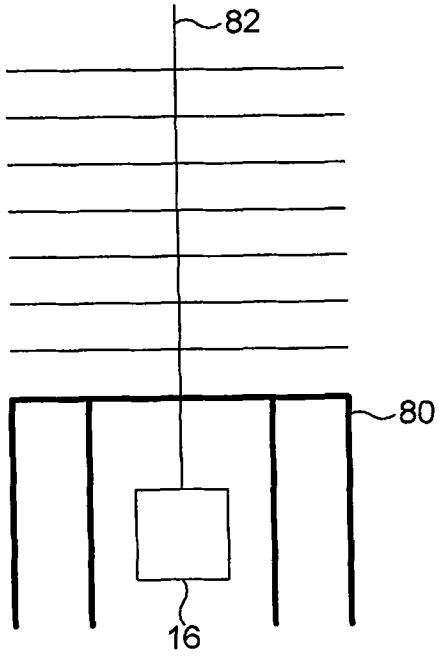


图 6

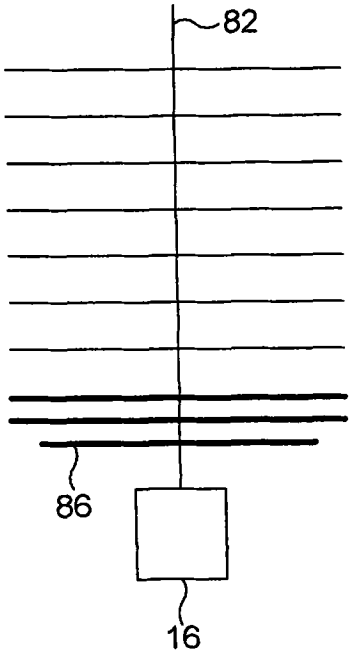


图 7

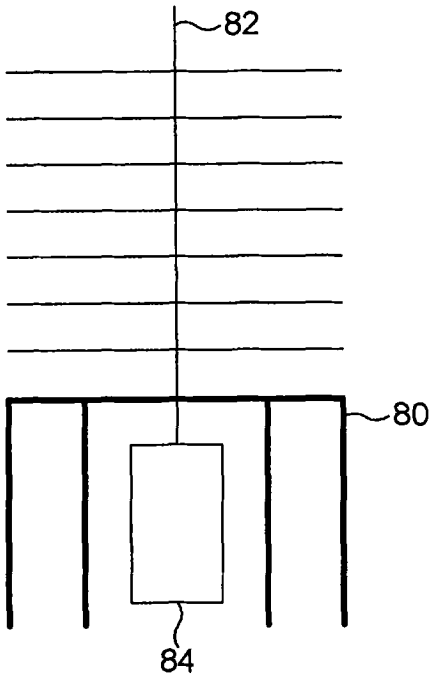


图 8

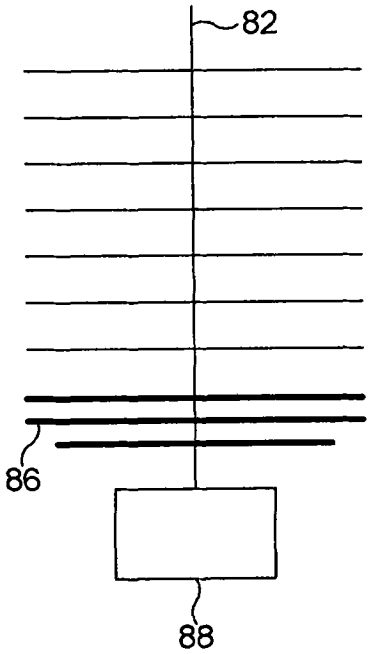


图 9

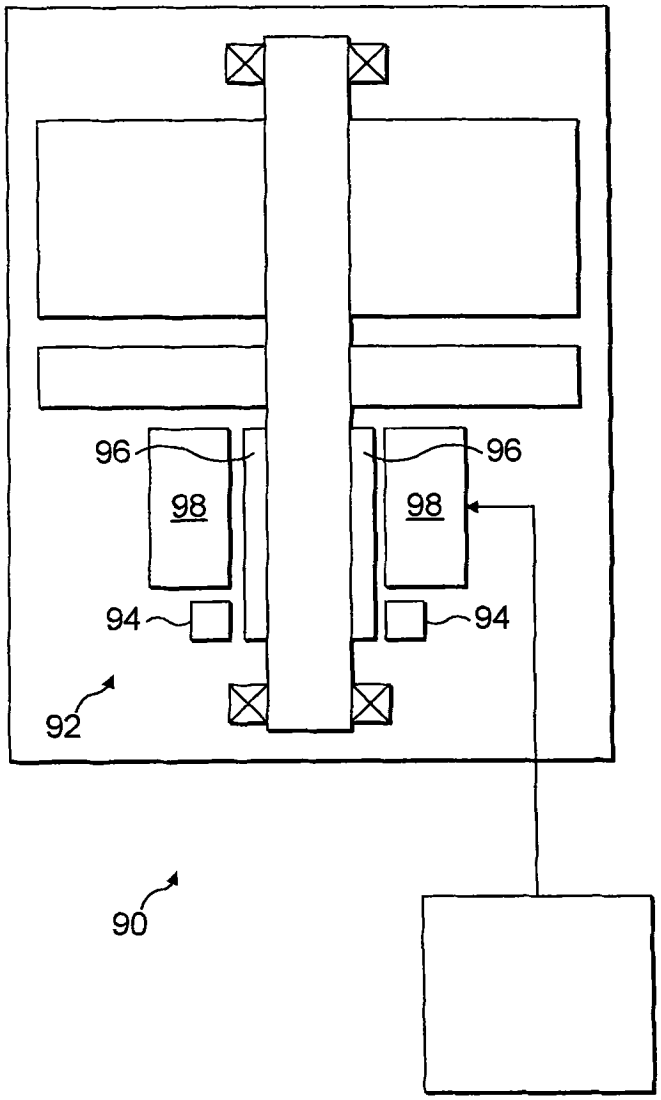


图 10