

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01F 7/04 (2006.01)

B66C 1/04 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680040208.X

[43] 公开日 2009年1月28日

[11] 公开号 CN 101356597A

[22] 申请日 2006.9.26

[21] 申请号 200680040208.X

[30] 优先权

[32] 2005.9.26 [33] AU [31] 2005905298

[86] 国际申请 PCT/AU2006/001407 2006.9.26

[87] 国际公布 WO2007/033437 英 2007.3.29

[85] 进入国家阶段日期 2008.4.28

[71] 申请人 磁转换技术全球控股有限公司

地址 澳大利亚新南威尔士

[72] 发明人 F·柯斯加

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 李玲

权利要求书4页 说明书23页 附图8页

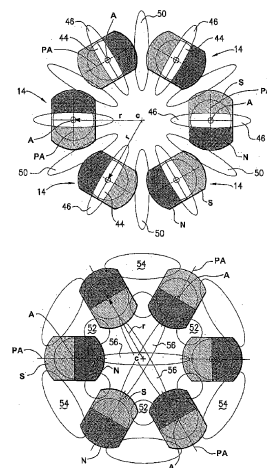
[54] 发明名称

磁体阵列

[57] 摘要

公开了一种从磁能源到一个或多个铁磁性工件的自调节磁通传输的方法和设备，其中多个磁体被放置在具有第一相对磁导率的介质中，各个磁体具有至少一个限定磁化轴线的N-S磁极对，这些磁体被排列成一个阵列，其中在阵列中相邻的磁体之间维持预定距离的缝隙，并且其中磁体的磁化轴线被定向成直接相邻磁体极性相反地彼此相向，该种布局代表一种磁槽路，其中穿过介质的磁通路存在于相邻磁体之间，并且磁通接入入口被限定在该种相邻磁体的极性相反的极靴之间，并且其中通过使一个或多个磁通路接入入口尽可能近地邻近或接触具有第二相对磁导率的铁磁体的表面产生至少一个工作磁路，该工作磁路具有低于磁槽路的磁阻，该第二相对磁导率高于该第一相对磁导率，藉此当工件达到磁饱和并且工作磁路的磁阻基本等于槽路

的磁阻时，将达到从磁槽路到工作磁路的有效的磁通传输的极限。



1. 一种从磁能源到一个或多个铁磁性工件的自调节磁通传输的方法，其中多个磁体被放置在具有第一相对磁导率的介质中，各个磁体具有至少一个限定磁化轴线的 N-S 磁极对，所述磁体被排列成一个阵列，其中在阵列中相邻的磁体之间维持预定距离的缝隙，并且其中所述磁体的磁化轴线被定向成直接相邻的磁体极性相反地彼此相向，该种布局代表一种磁槽路，其中穿过介质的磁通路存在于相邻磁体之间，并且磁通接入入口被限定在该种相邻磁体的极性相反的极靴之间，并且其中通过使一个或多个磁通接入入口尽可能近地邻近或接触具有第二相对磁导率的铁磁体的表面来产生至少一个工作磁路，所述工作磁路具有低于磁槽路的磁阻，所述第二相对磁导率高于所述第一相对磁导率，籍此当工件接近磁饱和并且所述工作磁路的磁阻基本等于所述槽路的磁阻时，将达到从磁槽路到工作磁路的有效磁通传输的极限。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述磁体是偶极子并且被布置在单个圆阵列中，并且其中各个磁体的磁化轴线或者基本垂直于从圆心向相应的磁体延伸的半径延伸，或者基本与所述相应关联半径同轴延伸。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，如在澳大利亚专利 753496 和美国专利 7,012,495 的权利要求书中在其专利被授权时所描述的可切换永磁设备被用作所述阵列中的所述磁体。

4. 一种用于实现到铁磁体的磁通传输的磁设备，具有多个磁体，每个磁体具有至少一个限定磁化轴线的 N-S 磁极对，所述磁体 (a) 放置在具有第一相对磁导率的介质中、(b) 为预定阵列构造、(c) 处于分隔开的位置中，并且 (d) 磁化轴线沿预定的方向延伸并且优选在同一平面内，所述设备具有可操作地设置成与具有第二相对磁导率的铁磁体表面相邻或毗邻的面，所述第二相对磁导率高于所述第一相对磁导率，藉此在所述磁体和所述铁磁体之间形成一个闭合的或者带负载的磁路，并且产生穿过所述铁磁体、并基本被限制在所述铁磁体内的在所述磁体的 N 极和 S 极之间的磁路。

5. 根据权利要求 4 所述的磁设备，其特征在于，还包括其中紧固有所述

磁体的非铁磁性载体。

6. 根据权利要求4或5所述的磁设备,其特征在於,各个磁体彼此的间距和各个磁体中 N-S 磁极对相对于直接相邻磁体中磁极对的空间方向被选择成除了由各个 N-S 磁极对所提供的磁场之外,还提供相邻磁体的相反磁极之间的附加磁场。

7. 根据权利要求4、5或6所述的磁设备,其特征在於,所述介质选自空气、塑料材料或者具有理想化的相对较低磁导率的基本非铁磁性物质。

8. 根据权利要求4至7中任意一项所述的磁设备,其特征在於,所述阵列包括一个或多个线性行的偶极子磁体,所述磁体优选是在澳大利亚专利753496 和美国专利7,012,495 的权利要求书中在其专利被授权时所描述的类型,其中所述磁体的磁化轴线与行近似同轴或垂直于所述行的轴线。

9. 根据权利要求4至7中任意一项所述的磁设备,其特征在於,所述磁体是偶极子磁体,所述磁体优选是在澳大利亚专利753496 和美国专利7,012,495 的权利要求书中在其专利被授权时所描述的类型,其中多个磁体被布置在一个或多个同心圆阵列中,并且其中各个磁体的磁化轴线或者基本垂直于从圆心向相应磁体延伸的半径延伸,或者基本与所述相应关联半径同轴延伸。

10. 根据权利要求4至9中任意一项所述的磁设备,其特征在於,所述磁体之间的缝隙或者间距固定且相等。

11. 根据权利要求5至9中任意一项所述的磁设备,其特征在於,所述载体被设计成允许磁体相对彼此的有限位移,从而使所述阵列中各个磁体的间距能在最小值和最大值之间改变并再设。

12. 根据权利要求4至11中任意一项所述的磁设备,其特征在於,所述阵列中直接相邻磁体的极性彼此相反,使得N-S偶极子后是另一个N-S偶极子。

13. 根据权利要求4至7以及权利要求9至11中任意一项所述的磁设备,其特征在於,所述磁体被布置在单个圆阵列中,其中各个磁体的磁化轴线基本与从所述圆的圆心向相应磁体延伸的半径同轴延伸,并且其中所述磁体以交替构造放置,其中按照圆的顺时针方向 N-S 偶极子后是 S-N 偶极子。

14. 一种永磁起重设备,其具有:

壳体，其耦合面可操作地设置成与铁磁性板状工件相接合；以及多个可切换永磁体耦合单元，其在所述耦合面上被安装在所述壳体内并且被设计用来磁紧固所述工件到所述起重设备，各个单元包括：两个沿叠置轴线叠置的圆柱或碟状永磁体，所述永磁体被极化成具有至少一个沿着所述堆叠轴线在所述磁体的相对轴向端面之间延伸的 N-S 活化磁极对；至少两个围绕两个永磁体的周长布置的磁极靴，所述磁极靴具有沿所述堆叠轴线分开的轴向端面，所述磁体被保持为沿着所述堆叠轴线在所述极靴内相对彼此运动，以及致动器装置，其被布置成用于选择性地转动所述永磁体中的一个以在活化状态和去活状态间切换所述单元，其中在所述活化状态下两个磁体的磁极沿所述堆叠轴线对准并且定向于相同方向，来自所述磁体的磁通穿过所述极靴并且呈现出强外部磁场，其中在所述去活状态下所述磁体的磁通被分流并且被限定到所述极靴和所述磁体本身内，使得外部的磁场弱或不呈现；所述单元以阵列构造布置，其中 (a) 各个单元的堆叠磁体对中的一个磁体和/或极靴被放置成其轴向端面靠近接触面或者在接触面上，以及 (b) 所述各个单元被放置成相互间以及相应的磁体对之间具有预定的缝隙，以便能够在所述单元的活化状态下在相邻单元之间进行磁通交换。

15. 根据权利要求 14 所述的永磁起重设备，其特征在于，所述圆柱永磁体是对径极化偶极子，其中各个磁体的 N 极和 S 极被所述磁体的圆形端面的直径分隔开。

16. 根据权利要求 15 所述的永磁起重设备，其特征在于，所述极靴具有一定壁厚，在垂直于所述磁体的所述堆叠轴线的横截面中，所述壁厚使得围绕所述磁体的周长的壁的厚度与沿垂直于一个或两个所述磁体的 N-S 磁极边界引出的半径 r 的所述磁体质量分布相关。

17. 根据权利要求 14、15 或 16 所述的永磁起重设备，其特征在于，所述磁体单元布置成围绕同一中心的圆阵列，并且其中所述各个单元被放置成使得其相应的 N-S 极化轴线或者 (a) 射向同一中心点，或者 (b) 沿连接所述各个磁体单元的所述堆叠轴线的圆的切线延伸，所述布置使得所述相邻磁体单元磁性相反彼此相向。

18. 一种可切换永磁设备，具有预定质量的活性磁性材料，所述活性磁性材料能够与工件磁相互作用并且产生耦合力，其特征在于，所述活性磁性材料质量被再分成若干分立的磁体单元，各个所述磁体单元可在活化磁状态和去活磁状态之间切换；以处于活化磁化状态时具有第一磁通路的第一磁路呈现于直接相邻单元的 N 极和 S 极之间的方式，以预定的阵列构造将这些单元彼此相隔预定缝隙间距地安装在基本非铁磁性的壳体内；并且所述磁体单元各自具有与磁体的 N 极和 S 极相关联的极靴，所述极靴被放置成用所述单元的有效磁材料可操作地与铁磁性工件相互作用来形成一个闭合的、外部的第二磁路，所述第二磁路具有比第一磁通路的磁阻低的第二磁通路，所述第二磁路穿过所述工件在相邻磁体的 N 极和 S 极之间延伸。

19. 根据权利要求 1 至 3 中任意一项所述的方法，其特征在于，存在两种磁通入口，第一种在具有第一（向前）磁通方向的各个磁体的极靴之间，而第二种在具有与第一方向相反的第二磁通方向的相邻磁体的极靴之间，籍此在整个阵列中不存在均匀的磁通方向。

磁体阵列

技术领域

本发明涉及磁体阵列，其能够提供期望的磁场图案，从而允许最优化地利用磁体中所含的磁能，诸如在与具有有限铁磁特性的工件相互作用时，该有限的铁磁特性例如是由材料厚度的不足或其材料类型引起的。

发明背景和现有技术

本发明开始时是在磁起重设备的环境中构想的，但是从下面的描述中显而易见的是其具有超出用于提升铁磁材料的设备和工件夹具的应用。本发明的研发是在永磁体的环境中实现的，但是基础原理也被认为可转换到采用电磁体的磁体阵列。

磁力起重机是通用的材料装卸设备，其使用磁力将一个或多个铁质工件附加到设备的接触面，这些工件从小捆的杆件或碎料到大的重块或铁磁材料板，从而使工件能够在被设备紧固地夹持时从一个地方运输到其它地方。

磁力起重机可以利用电磁体，其可供调节磁场以及由此的在起重设备的接触面施加到工件上的拉力之用；磁力起重机也可以采用永磁体，其被保持在壳体外的可移动转子内（或者其它支承结构）以便于选择性地与邻近（或设置在）设备的工件接触面的无源极靴相互作用，即，该接触面可被设计成用作磁体的无源极靴，从而避免磁体和工件之间的直接接触，以防止磁体的环境污染或将工件与磁体分离的操作困难。

现代的永磁起重机一般利用通常产生高强度磁场的永磁体。冶金和磁技术在过去几十年的进步已经导致具有空前能量的磁性材料存在—最为著名的是“稀土”磁体，其中的一些具有其自身重量 100 倍的拉伸强度。它们不会显著地遭受到“传统的”永磁体常会经受的由于暴露于中等的外部磁影响或者由于永磁衔铁的去磁所引起的诸如磁力随着时间而退化或突然失去的问题。于是，自重小且提升能力从 100 至 2000 千克的永磁起重机被引入市场。

允许手动活化和去活起重机的永磁体起重设备的示例有由意大利泰磁 (Tecnomagete) 公司基于其 RD 模块、SMH 模块、和 MaxX 以及 MaxX TG 系列制造并销售的永磁体起重机。

在美国专利 3,452,310 (Israelson) 中公开了一种用作起重机的可关闭 (turn-off) 永磁体。在该永磁体中，一堆瓷片磁体 (提供第一 N-S 偶极子结构) 被夹持在矩形的板状极靴的上端和之间，在其下部自由端设置有用附加到铁磁性工件的工作气隙。由一堆瓷片磁体 (提供第二 N-S 偶极子结构) 构成且在堆的各个端部具有弓形极靴的电枢被可转动地保持在板状极靴之间限定的圆柱区域内，并且延伸进板状极靴，籍此电枢的转动位置将增强极靴工作面的磁场 (即，与第一偶极子结构施加到极靴的 N 极和 S 极一致的电枢的 N 极和 S 极) 或者通过设置偶极子结构之间的内部闭合磁回路来有效地分路上部磁体堆的磁场。

美国专利 4,314,219 (Haraguchi) 描述了有些近似的内容，其中多个由堆叠的板状永磁体构成的可转动电枢在多个 (可磁化) 无源磁极之间限定的圆柱腔内被设置成一个阵列，这些无源磁极装在外部的非磁性壳体内。此处，电枢的转动位置同样将指示极靴的磁化状态，当极靴工作面与工件邻接时，该极靴被用于提供外部磁通路。

这些类型的起重机在其活化状态下通常产生固定的磁化力，该磁化力与具体设计的磁化长度直接相关。磁化长度被定义为中间容纳一定体积的活性磁性材料的极靴的间距，即偶极子磁体的相反极性端面间的长度。磁能的输出依赖于活性磁性材料的量以及其类型，因而其基本是固定值。然而，在工作负载无法吸收磁体提供的全部磁能时，对所附加物的拉力减小。剩余的磁能将自己呈现为与杂散磁场相关的磁泄漏。

尽管与承载能力相关的因素在现有的设备中基本上被较好地解决，但是仍然存在问题。

在磁体起重机应用中存在的一个特别的问题是其中必需从一堆金属板中提升单块金属板。现有的设备主要配置其起重能力并且使其具有能够平面附加于堆中最上面金属板的接触面。然而，该种起重机不能以分立方式

从堆中提升单块金属板，除非堆中最上面的板和接下来的板之间的气隙保持足够的高度，或者选择用于“开关”设备的永磁体的相对位置处在“中间”状态，在该状态下在与工件相配合的极靴面上可用的磁通密度减小，并伴随由此所致的磁拉力的减小。当电流减小以使板分离以避免磁场磁导进邻接的板时，同样的因素适用于电磁起重机。

在永磁起重机的情况下，当与永磁体相接触的极靴的工作面与最上面的金属板相接触时，产生了闭合的或有负载的磁路。除非金属板材料的（磁化）磁导率和板的厚度使得所生成的（外部）磁通路完全被限制在上面板内，并且没有泄漏（即，包括磁体、极靴和仅上面板的目标磁路外部的磁通路）流进邻接的下块板，起重设备将有提升磁性附加到一起的数块板的趋势，所能附加的板的数量由最大起重能力和磁体磁场到堆叠板的磁导率确定。换言之，如果最上面的金属板不能带有磁体提供的全部磁通，则最上面的板将发生磁通过饱和，并且磁场将延伸过最上面板的厚度进入接下来的板直到放置在最下面的板不再存在饱和之处；起作用的磁化力将一起磁性夹持若干块板以由起重设备提升。

在美国专利申请公开 US2005/0269827 A1 中描述了一种解决单块板提升问题的典型方法。该文献描述了一种永磁起重系统，该系统采用多个浅磁场设备作为框架上的整体部件，这些浅磁场设备被专门设计成从板堆中搬走单块铁磁性板。

多个磁起重设备被排列成二维阵列，例如 4×2 矩形阵列，以便在板上顶面区域上的多个位置接合板。重要的是，各个起重设备被分隔开以致在与金属板相接触时，各个设备产生的磁场和磁通之间不相互作用。

为了限制各个磁设备的磁场的磁导深度，使用磁化长度短且固定的永磁体。为了增加活性磁性材料的总体积并获得所需的提升能力，串联连接多个该种短长度磁体以提供单个磁场方向，即各个设备包括一堆交织有软铁极靴板的永磁体板（在板的厚度方向被磁化以使相对的表面极性相异）。磁体板被交替布置成相同极性的表面跨过所插入的极靴彼此相对，以使得在极靴和相邻极靴之间出现沿着堆叠方向的一连串交替的北极—南极—北

极等等磁场，从而提供沿着堆叠方向的多个工作（气）缝隙。即，各个设备的活性磁性材料被再分到分立的部分并且交织有与之相接触的无源磁性材料，从而在极靴之间创建了多个浅磁场回路。

该美国专利文献的吊运架所存在的一个显而易见的问题是这种磁设备无法关断，并且使用机械杠杆来强行使板与该框架脱离。因为各个短磁化长度的磁体的堆叠行在所附加工件板内的相同方向产生了总体均匀的大磁通，该工件板将易于存在剩磁问题（在分开的工件中存在残留的磁性）。

本发明的一个目的是在其一方面提供一种起重设备，该起重设备将永磁体用作旨在与铁磁性金属板相互作用的磁场源，并且该种设备能够在“开启”和“关闭”状态间切换，在“开启”状态下其能够从板堆不连续地提升各块板而无需相邻板之间有显著的气隙。

本发明的另一个目的是在其另一方面提供一种分立磁场源的构造/布局，其总体地在包括该布局的设备和工件之间产生有效的吸引力，并且同时使由该布局在工件内所产生的磁力线基本被限制在随其产生的外部磁路上。

本发明的又一个目的是在其另一方面提供一种分立磁场源的构造/布局，其总体地在包括该布局的设备和工件之间产生有效的拉力，其中施加到工件的拉力大于各个磁场源所具有的拉力的总和。

本发明的再一个目的是在其另一方面提供一种在磁路中的分立磁场源的构造/布局，该磁路在包括该布局的设备和工件之间产生有效的拉力，其中磁通的传输并非由磁场源单方面规定，而是进行自主内部磁通调节以匹配磁通源的磁化力和工件所提供的外部负载的铁磁饱和特性。

发明内容

在本发明的第一方面中，提供了一种用于实现到铁磁体的磁通传输的磁设备，其具有多个磁体，每个磁体具有至少一个限定磁化轴线的 N-S 磁极对，该磁体以预定的阵列构造放置在具有第一相对磁导率的介质中，磁体之间具有限定的缝隙间隔，并且磁化轴线沿预定的方向延伸并且优选在同一平面内，该设

备的一个表面被可操作地设置成靠近或邻接具有第二相对磁导率的铁磁体表面，该第二相对磁导率高于第一相对磁导率，从而在磁体和铁磁体之间形成一个闭合的或者带负载的磁路，并且实现穿过铁磁体在磁体的 N 极和 S 极之间传输磁通。

在本发明的另一方面中，提供了一种从磁能源到一个或多个铁磁性工件的自调节磁通传输的方法，其中多个磁体被放置在具有第一相对磁导率的介质中，各个磁体具有至少一个限定磁化轴线的 N-S 磁极对，这些磁体被排列成一个阵列，其中在阵列中（以及因此在介质中）相邻的磁体之间维持一个预定距离的缝隙，并且其中磁体的磁化轴线被定向成相反极性的磁体彼此相对并且优选地在同一平面内延伸，该种布局代表一种闭合的磁槽路，其中通过介质的磁通路存在于相邻磁体之间，并且在该种相邻磁体的极性相反的极靴之间限定磁通接入入口，并且其中通过使一个或多个磁通接入入口尽可能近地邻近或接触具有第二相对磁导率的铁磁体的表面产生至少一个工作磁路，该工作磁路具有低于磁槽路的磁阻，该第二相对磁导率高于第一相对磁导率，籍此当工件到达磁饱和并且工作磁路的磁阻基本等于槽路的内磁阻时，将达到从磁槽路到工件的有效的磁通传输的极限。

在该种阵列中，存在两种磁通入口：第一种在具有第一（向前）磁通方向的各个磁体的极靴之间，而第二种在具有第二（相反）磁通方向的相邻磁体的极靴之间。因此，阵列中不存在均匀的磁通方向并且随之发生的有关工件中剩磁的问题较小（在工件从该种阵列分离后残留较少的磁性）。

该过程允许槽路和工作磁路之间的自主和按需调节的磁通传输，其将非常迅速地、几乎自发地调节工作磁路的状况。不可能带有超出工件物理界壁的严重泄漏的过饱和。应该理解上述限定自调节磁通传输的特征可以按照从后文显见的方式被结合进磁耦合设备。

尽管使用诸如电磁体等不同类型的磁通源可体现上述宽泛概念以及将在下面描述的概念，但永磁体、以及更具体地可开关切换的永磁体单元被优选使用。在本发明的上述两方面的优选实施方式中，诸如在美国专利 6,707,360 和 7,012,495 中所述的以及可以从澳大利亚的 Magswitch 技术全球控股有限公司

购买的可切换磁体单元在阵列中被使用。从现在起，将仅仅参考将永磁体作为 N-S 磁极对的源来解释本发明的各个方面，即，提供磁通源和磁动势的活性磁性材料，注意其可被本领域的技术人员用其它适当设计的磁通源替代。

等同地，假设本发明的优选实施方式寻求采用多个如在美国专利 6,707,360 和 7,012,495 中所述的可切换永磁体，可以参考这些文献来获取进一步的细节以及理解可切换永磁设备，通过交叉引用将这些文献结合于此。

假定阵列中的每个（永）磁体将具有至少一个 N-S 磁极对，将取决于整个阵列构造中的磁极对磁化轴线的相对位置来引发阵列中相邻磁体的不同的相互作用模式，即，需要考虑的不光是各个磁体间的间距，还有各个磁体中的 N-S 磁极对相对于相邻磁体单元的 N-S 磁极对的空间方向。

因此，取决于分立的磁体彼此是如何分开并布局成给定的阵列构造的，不光各个磁体的磁场可能相互作用，还可能在相邻磁体间和穿过附加到或非常接近磁体阵列的铁磁性工件内的附加磁通回路产生附加的磁通路。在一个磁体阵列布局中，除了各个 N-S 磁极对所提供的磁场，在相邻磁体的相反磁极之间设置了附加的磁场。

将各个永磁体布局成阵列的概念本身并不新颖，其中设置有其磁化轴线在不同方向的相邻磁体。设计该种布局是为了将磁通转变成特定图案。基本的 Halbach 阵列例如可由紧固成侧面彼此相邻的线性阵列的五个立方偶极子永磁体构成（例如，钕铁硼磁体），邻接磁体的磁化轴线（即 N-S 轴线）顺时针转动，从而产生增加设备一侧磁场同时将另一侧磁场消除为接近零的永磁体构造（或设备）。可以看出该种一侧磁通分布的优势在于：在理想情况下，在磁通被限制的一侧的磁场倍增而在别处则产生无磁通区。还已知的是偶极、四极以及多极 Halbach 柱，它们由多个具有等边梯形横截面的磁体构成并且被排列成闭合的环。等同地，从美国专利 5,631,618 中可知被设计成模仿上述线性 Halbach 阵列的各个电磁铁的阵列。

在此应该注意的是不能将本发明的目的和作用与 Halbach 阵列型设备比较。根据本发明的阵列需要各个磁体，其本身可以包括多个彼此分隔开且在阵列中维持一定缝隙的磁片，这些磁片被排列成提供优选的偶极子磁体单元（但

是不排除多极磁体)，即必要的是将各个磁体相互之间保持选定的距离，该距离用于确保相邻磁体之间的附加磁通交换区域的产生与存在。该磁通将穿过放置在磁体阵列组件之间的介质。该介质可以是空气、塑料材料或者其它理想地具有相对较低磁导率的物质（空气的参考磁导率值接近1）。

本发明的阵列并非旨在将磁通限制到磁性设备的一个区域，而是允许对给定的外部磁路利用来自所有磁体的最优量磁通，这从下述的具体阵列实施例中将变得显而易见。

在优选的形式中，磁阵列将被放置在设备的载体（本体）中，即，阵列磁体将被紧固在载体中，该载体本身提供接触面以与外部磁路工件相互作用。

因而，在一更具体的方面中，本发明提供了一种实现到铁磁体的磁通传输的磁设备，其中该阵列包括一个或多个线性行的活性偶极子磁体，这些活性偶极子磁体优选是美国专利 6,707,360 和美国专利 7,012,495 中所描述的可切换型磁体，其中磁体的磁化轴线与行同轴或者垂直于行轴线，并且相邻磁体通过交替的磁极彼此相向。

在附图的图 6、7a 和 7b 中示意性地示出了该种布局。该种 N-S 极交替的布局有效地翻倍了有效磁通交换区域和采用该阵列（即，当磁设备与例如铁板的铁磁体相接触时）的闭合磁路的外部磁通路径的数目，并且还未延伸出磁场范围。如果磁通密度被铁板的高磁阻所限制，则附加磁通交换区域的作用在于增加与各个磁体相关联的无源极靴的接触区域处的磁通密度。通过此方式实现更高的拉力和改进的磁效率。应该注意高磁阻是诸如铁板的工件的相对磁导率和横截面积的函数。

在另一个更加具体的方面，本发明提供了一种用于实现到铁磁体的磁通传输的磁设备，其中多个偶极子磁体被布置在一个或多个同心圆阵列中，该磁体优选是澳大利亚专利 753496 和美国专利 7,012,495 的权利要求书中所描述的类型，并且其中各个磁体的磁化轴线或者基本垂直于从圆心向相应的磁体延伸的半径延伸，或者基本与所述相应的相关联半径同轴延伸。

该阵列构造的第一替代在此指下面的圆（或环）阵列，其中磁体的磁轴线限定为同圆的切线，而第二种阵列替代将被称作星型阵列，其磁化轴线从阵列

的（同）中心呈星状放射。当然，应该理解对所述的精确几何方向的小的偏离只会稍微影响设备的总体性能。在附图的图 8a 至图 8c 中示意性地示出了该种圆阵列和星型阵列。

应该理解，可以用多个间隔开的磁体单元来实施其它阵列构造以适合给定应用。

闭合的磁阵列构造，尤其是圆和椭圆阵列构造的优点在于避免阵列中不对称的磁化性能，并且本质上提供受限磁场，假定不存在“自由”磁极或阵列端部，在那里磁通将泄漏并且不被传输到有用的预期外部磁路中。

如上所述，圆阵列尤其适于在磁槽路中使用，假定各个磁偶极子间的相互作用因为各个磁体的相邻磁极彼此直接面对而非常强烈。平面的极靴面和相邻磁体之间短的缝隙间距将导致该种槽路的内部低磁阻。

优选地，分立磁体之间的间距是固定且相等的，由此在阵列内实现对称的负载图案，并且用工件形成一个闭合的外部磁路。

然而，该种磁设备可具有载体，该载体被设计成允许分立的磁体能相对彼此有限位移，从而能够使阵列中各磁体的间距在最小值和最大值之间改变并再设。分立磁体间选定的间距一定地控制总的磁场大小。邻接磁体之间短的间距将加强分开磁体之间的磁通交换，伴随总场强的降低和进入工件（例如铁板）的总磁场磁导深度的减小。更宽的间距将更加强单个磁体的 N 极和 S 极间的磁通交换，伴随总场强的增加和进入工件的相对更深的磁导率。

可根据磁设备（例如金属板起重机）的期望用途和磁通要传输进入的铁磁体的特性来选择磁体的数目和几何尺寸以及在阵列中的间隔布局。作为示例，五个 Magswitch M1008 型的磁体的圆阵列能够在 0.8 毫米的铁板上施加 145 牛顿的拉力，其中在这些磁体之间维持 1 毫米的间距。在该种情况下，在直接接触的下面的第二块板上的拉伸强度几乎不可察觉。

对于圆阵列构造，优选邻接磁体的极性彼此相反，例如，N-S 偶极子后随另一个 N-S 偶极子等等。如上所述，并且如在下文更详细地描述的那样，该种阵列构造在设备与铁磁性工件相接触时，有效地形成具有自调节磁场强度（H）的磁设备，并且展现在相邻磁体间提供的多个附加的磁通交换区域。

对于星型阵列构造，有可能布置磁体使得其磁化轴线均以其 N 极或 S 极指向中心，其实际上表示磁体的磁能被“并联”，从而放大了设备中可用的总磁能，而不在相邻磁体之间产生附加的磁通交换区域，本质模仿具有一个内部磁极（S 极或 N 极）和一个外部磁极（N 极或 S 极）的杯状磁体。

可选地，在星型构造中，有可能以交替的构造布置磁体，其中 N-S 偶极子接着（邻接）S-N 偶极子。实质上，该种阵列具有多个设置在相邻磁体之间的附加磁通交换区域，并且形成展现自调节磁场强度（H）的磁槽路，其尽管没有本发明中上述的圆阵列有效，但却是槽路特性和附加磁通区域数目之间总的良好的妥协。

应该指出的是因为上述的槽路布局本质上是就磁场强度的自调节，并且因为该种自调节本质上限制通过接近（或接触）设备的外部界面（例如，工作面）使该种磁体阵列能够施加到工件的物理边界的磁化力，没有明显的磁化力（以及磁场）将“泄漏”出该工件。这形成耦合设备中该种阵列的结合（或实施例），其中特别关注靠近工件后侧的电路。因而，可以产生快速的磁附加/释放设备以供在避免磁场干扰的应用中使用，诸如移动电话平衡器（halter）、全球定位系统紧固单元以及其它需要将一个设备耦合到其它设备的应用中。

在本发明的又一方面，提供了一种控制磁场到邻接磁体的工件内的穿透的方法，该方法包括：将预定质量的活性磁性材料成分立的、分隔开的、优选可切换的磁体，并且通过将相邻磁体放置成跨该种磁体间的缝隙极性相互交替的方式，将多个磁体布置成线性（开放）或圆（闭合）阵列。

在又一方面中，本发明提供了一种可切换永磁起重或耦合设备，其具有：
带有耦合面的壳体，该耦合面可以与铁磁性板状工件相接合；以及
多个可切换永磁体耦合单元，其在耦合面被安装在该壳体内并且被设计成将工件磁紧固到起重设备，各个单元包括：

两个沿叠置轴线叠置的圆柱或碟状永磁体，其中这些永磁体被极化以使至少一个 N-S 磁极对沿着堆叠轴线在磁体的相反轴向端面之间延伸（对径极化磁体）；

至少两个磁极靴，其围绕两个永磁体的周长排列并具有沿堆叠轴线分隔开

的轴向端面，磁体沿着所述堆叠轴线在极靴内相对彼此运动，以及

致动装置，用于选择性地转动永磁体中的一个以在活化状态和去活状态之间切换该单元，其中在活化状态下两个磁体的磁极沿堆叠轴线对准并且定向于相同的方向，来自磁体的磁通穿过极靴并且呈现出强外部磁场，其中在去活状态下两个磁体的磁场彼此偏曲并且磁体的磁通被分流并且被限定到极靴和磁体本身内使得外部的磁场弱或不呈现；

以阵列构造布置该单元，其中（a）各个单元的堆叠磁体对中的一个磁体和/或极靴被放置成其轴向端面靠近接触面或者在接触面上，以及（b）各个单元被放置成相互之间以及相应的磁化对之间具有缝隙，以便能够在活化状态下的相邻单元之间进行磁通交换，籍此改变在其它情况下由活化单元进入工件的磁通穿透模式。

根据本发明的该方面，提供了一种起重设备，其中在与利用一个或两个具有近似总的活性磁性材料质量的可切换永磁体单元的设备相比较时，各个单元以及组合单元在接触面上进入工件的磁通穿透深度减小，同时保持可用于提升的磁化力。

有利地用合适的无源、可磁化材料制造各个可切换磁体单元的极靴，从而展现最低可能磁阻以容许最大的磁通密度，相比较地，保护性或强化性总体设备壳体的材料优选由本质非铁磁性材料制成，诸如 316 级不锈钢或铝。高于选定的磁活性材料的磁通密度的无源铁磁性极靴材料的饱和值容许永磁材料的磁通密度上的磁通压缩，从而导致更高的拉力和磁化力。适用于极靴的材料是剩磁少的纯铁、软铁或软钢（按照该顺序选择），虽然低碳钢由于其高机械强度可能被优选。

如所述的，任何可选的起重设备壳体或可切换磁体单元的载体，尤其是提供与极靴的接触面的壳体部件，应该由达到应用程度的非铁磁性材料制成。

相对于额定起重能力容许更大程度灵活性的起重设备可如上所述按照给定的阵列构造结合预定数目的可切换磁体单元，其中设置致动器机构以操作各个单元连带地和并发地、或者选择性地和并发地活化或去活。还可能提供一种致动器机构，该致动器机构被设计成分别单独地活化或去活各个单元。机械连

接臂装置或气动或液压回路可以以已知的方式被结合进该种致动器机构。

应该理解尺寸、性能参数和各个可切换永磁体单元的数目以及单元的单个极化轴线的具体布置的选择将依工件有关其磁性材料特性、重量和厚度的特性而定。

以下将参照附图描述例示本发明的不同方面、优选特征及任选特征的若干实施例。

附图简述

图 1 是包括单个可切换永磁体单元的阵列的实验性夹具的立体图，其被用作实施本发明的多个方面的“概念实证”模型；

图 2 是根据本发明的多个方面的磁起重设备的工作模型的立体图；

图 3a 和 3b 是可以在图 1 和图 2 的设备中采用的单个对径极化永磁体和可切换永磁体单元的立体示意图；

图 4 是一个可切换永磁体单元的高度简化的示意性（侧）视图，其示出了是本发明一方面的基础的某些原理；

图 5 示出图 3 的单个可切换永磁体单元的立体示意图，其示出了当单元处于活化状态且与铁磁材料工件相接触时的磁通交换区域；

图 6 是根据本发明的一个方面的两个线性磁体阵列构造的示意图；

图 7a 是示出了本发明某些方面的多个可切换永磁体单元的线性阵列的高度简化示意性（侧）视图，而图 7b 示出一三磁体线性阵列的立体示意图；

图 8a 至图 8c 是本发明所构思的三种不同的圆阵列磁性设备构造的示意性平面仰视图，图 8a 的阵列在图 2 的起重设备中被物理地实施；

图 9a 至图 9c 分别表示在图 8a 至 8c 示出的圆阵列构造中可检测的磁力线的二维（或平面图）示意图；

图 10 是不连续的磁体螺绕环的磁力线模型的示意性平面图，其旨在示出有关磁通分流和自调节场强的本发明的又一方面；以及

图 11a 和 11b 是两个以线性阵列排列的如图 3b 的可切换永磁体单元的示意性侧视图，但是该可切换永磁体单元可被结合进图 8a 和图 10 的磁体阵列构

造中。

具体实施方式

图 1 示出了一种结合了本发明基础所在的基本概念之一的测试夹具型 (test-rig-style) 可切换永磁体耦合设备 10。该种磁性设备的实施例被结合进更加复杂 (或简单) 的装置和设备中以可释放地磁耦合该种设备或装置到铁磁体, 例如, 如图 2 所示的适于将各个薄的铁磁金属片材从该种片材堆中提升的磁性起重机。

该种设备 10 包括基本为非铁磁性材料的壳体或支承部件 12, 在此情况下其具有圆板状形状, 如下文所述的, 五个永磁体耦合单元 14 被紧固在其中以防其运动。单元 14 被安装在沿部件 12 延伸的孔内, 并且可以被永久性紧固, 例如胶合, 或者以其它的方式紧固以允许各个单元的交流。单元 14 被容纳在部件 12 中以使至少单元 14 的不可见的底部轴向端面与部件 12 的圆形配合表面齐平或略微从其突出。在图 1 中, 该磁体与支承部件 12 的上表面齐平并且可达到, 以在活化 (active) 和非活化 (inactive) 的磁化位置间切换各个单元 14。单元 14 被放置成围绕设备 10 的中心轴的圆阵列构造。

从随后在图 3b 示出的单个单元 14 的描述中清楚可见, 各个单元 14 包括一对堆叠的圆柱永磁体 20 和两个环绕磁体外围以基本将其包住的极靴 16 和 18, 其中由具有高导磁的软铁材料制成的极靴 16 和 18 的下轴向端面 (未示出) 与对应的下面那个圆柱磁体 20 的下轴向端面齐平或略微伸出。

在图 3a 中示出了单元 14 的圆柱磁体 20 中的一个。该磁体跨其整个轴向长度径向磁化。这意味着通过竖直平面 24 提供磁体的北极 (N) 22 和南极 (S) 21 之间在概念上的区分, 该竖直平面沿磁体 20 的上表面 28 和下表面 29 的直径 26 穿过。磁体 20 本质上仍是具有磁化轴线 MA 的偶极子, 该轴线 MA 垂直于竖直平面 24, 然而沿圆柱圆周的磁场强度约以正弦方式改变, 其中最小值在 N-S 界面 24 处, 而最大值在沿圆周转动大约 90 度处。圆柱 (或碟形) 磁体 20 优选是稀土型磁体, 例如钕-铁-硼磁体, 注意目前可用的稀土磁体可以获得约 1.4 特斯拉的磁通密度, 该磁通密度显著小于可以用于极靴 16、18 的良好的

钝态 (passive) 铁磁材料的饱和密度。本发明还构思了其它活性 (active) 永磁体材料的使用。

下面转至图 3b, 示出了分解状态的可切换永磁体单元 14, 其除了出现活化和去活化机构 30 以外基本与图 1 所示的单元 14 类似。

单元 14 包括两个上述类型的圆柱磁体 20a、20b, 其具有类似的高度和 N-S 磁极构成。一个例子是直径 10 毫米×高度 8 毫米的圆柱磁体。下边的磁体 20b 被保持为两个极靴 16 和 18 之间的表面配合接触, 这两个极靴形状和横截面相同并且具有对磁 (magnet-facing) 内表面 32, 其呈对应的弧形以匹配磁体的外圆周表面, 而上边的磁体 20a 需要使朝向极靴 16 和 18 的周向对置面 32 的间隙维持尽可能的小, 从而使其在极靴 16 和 18 内的转动以及相对本身保持不动的下部磁体 20b 的转动无摩擦 (或摩擦最小)。磁体 20a 和 20b 沿着堆叠轴线 A 简单地堆叠在彼此之上, 该堆叠轴线 A 限定了单元 14 的纵轴, 从而可使用致动机构 30 使上部磁体 20a 相对于下部磁体 20b 转动。

在美国专利 6,707,360 和 7,012,495 中描述了有关构成、该种磁体单元 14 的部件的可能不同构造以及其工作原理的进一步的细节, 可以参考其以获得进一步的细节。

出于此原因, 注意到上部和下部磁体 20a、20b 被面对面并置容纳在极靴壳体 16、18 内就足够了, 籍此上部磁体 20a 绕转动轴线 A 的转动致使上部磁体 20a 的北极区在下部磁体 20b 的 N 极区和 S 极区上按时序通过。当处于上部磁体 20a 的北极基本对准下部磁体的南极且与下部磁体的南极一致的位置时, 并且因此上部磁体 20a 的南极基本位于下部磁体 20b 的北极上时, 第一和第二磁体用作内部活化的磁分路, 结果来自单元的外部磁场强度将理想地为零, 假设在磁体 20a 和 20b 中具有相同的活化磁性质量并且极靴 16、18 的总磁通载运能力高于相结合的磁体的磁通输出。绕转动轴线 A 转动上部磁体 20a 180 度改变了磁体 20a 和 20b 的磁极对的对准, 其中上磁体 20a 的相应的北极和南极基本在下部磁体 20b 的相应的北极和南极之上。在该种对准状态下, 来自单元 14 的设备外部磁场相当强, 并且该设备在单元 14 (由极靴 16、18 的底部轴向端面提供) 的接触面 34 处施加对铁磁性工件的磁力, 籍此牢靠地紧固单元 14

到工件并产生外部磁通路。

无源极靴 16、18 在辅助磁耦合功能上是重要的，并且其由具有低磁阻的铁磁性材料制成，例如纯铁、软铁或软钢。为了实现极靴“负载”的永磁体的外部磁场强度的增加，由极靴提供的单元壳体壁的横截面区域在示出的实施例中是不统一的；该极靴的外部轮廓，即，极靴 16、18 的壁厚可以反映或是围绕永磁体圆柱 20a、20b 周长的磁场强度变化的函数。

本质上，极靴的设计依从围绕永磁体圆柱 20a、20b 周长的场强 H 的变化，磁场的反平方律在设计外形上的应用获得了良好的效果，但是极靴和磁体的具体材料的使用以及整个耦合设备 10 的期望应用要求变化并且影响极靴 16、18 的最优形状。欲知更多细节，参考上面提到的美国专利。

围绕圆柱磁体 20a、20b 装配的极靴 16、18 的外形旨在最大化外部场强并且在“外部”磁路不完整的情况下辅助保持单元 14 在工件上合适的位置。优选极靴 16、18 沿轴线 A 的长度尽可能最短。磁极形成各个单元 14 的磁路（和磁体一起）的一部分。磁极具有固有的磁阻抗（“磁阻”），即使在应用高磁导材料的情况下其亦会导致磁能的损失。在最小化磁极长度以及整个耦合单元 14 的高度（长度）期间，磁能损失被最小化并因此最大化外部场强。提供相向极靴之间接口的拼接区域 36 具有极高的磁阻，但其层薄，从而维持极靴 16、18 之间磁分离，即，防止短路。

最后，轴向端面的表面区域，见参考标号 35 和 34，被优选成提供磁通压缩功能。即，极靴 16、18 的总横截面积（或覆盖区）将被选择曾小于由圆柱的直径乘以总高度得出的磁体 20a、20b 的横截面面积。这用于增加单元 14 的与活性材料可提供的最大磁通密度相比较的磁通密度输出。例如，由于良好的铁磁性材料的饱和度能够达到 2 特斯拉以上，有可能通过减少整个磁极的覆盖区将磁极内的磁通密度增加到此程度。磁通压缩不是固定的，而是从放射源材料的磁通密度乘以其朝向极靴的横截面积、无源铁磁性（磁极）材料的磁通饱和度和由于极靴材料的 $B-H$ 曲线的非线性引起的损失因子推导出的设计参数。

接下来转至图 4 和图 5，其以高度示意性的方式示出了放置在薄的片状工

件 40 上的单个磁性切换单元 14，其中单元 14 被以活化状态示意性地示出，在此状态下上部和下部磁体 20a 和 20b（图 3b）的北极 21 和南极 22（图 3a）一致，并且存在外磁场；单元 14 的浅灰阴影部分用于表示活化的南极 S，其中磁性施加在极靴之一 16 上，而深灰阴影部分表示切换到另一极靴 18 上的北极 N。

在图 5 的 42 和 43 标识了极靴在工件 40 上的覆盖区，即在此示图中其是在图 3b 的 34 处标识的极靴的下轴向端面，其用于提供单元 14 的工件配合区域。在其接触面 42 “离开” 北极极靴 18 的磁通将沿着磁通路“流动”穿过工件 60 的厚度 t 并“进入”另一南极极靴 16 的接触面 43，该磁通路在其它情况下闭合成沿着在单元 14 内磁极对准的对径极化的圆柱磁体（20）的北极极区和南极极区之间的垂直界面区域延伸的磁通回路。

工件 40 内的第一有效磁通交换区域 44 是总磁通交换区域的磁通密度饱和的截面。由于单元 14 的磁场不受其覆盖区的限制，总磁通交换区域通过第二有效磁通交换区域 46 而延伸，该第二有效磁通交换区域位于中央区域 44 沿横向的两侧，在那里磁通密度随着与单元 14 的距离而减小。这些第二有效磁通交换区域 46 由磁通漏维持，该磁通漏是由于工件的（磁通）饱和而引起的，并且磁通交换区域 44、46 的大小依工件吸收磁通的程度而定。高磁通吸收导致低的磁通漏，且第二有效磁通交换区域缩减。

如果工件的厚度 t 以及工件中相关的总有效磁通交换区域（62 和 64）小于单独的极靴 16 或 18 的覆盖区 42 或 43，和/或工件材料的磁通饱和（特性）是饱和发生在磁通密度相对极靴小处，则磁通交换被限制并且在磁极接触区的磁通密度下降。结果是单元 14 施加到所附加的工件 40 上的“拉力”急剧减小，根据磁通密度和拉力之间的相互关系：磁拉力随磁通密度的平方改变但仅与极区面积成线性。

如所述的，如果工件 40 不能载运单元 14 的全部磁通，则在工件 40 内发生磁通饱和并且由单元 14 内的两个磁体 20 的单独的磁场产生的双重磁场延伸出（在厚度方向）工件 40 之外，如图 4 中在 48 示意性示出的。因而，在附加于单块材料工件板 40 时，仅仅部分地利用了单元 14 在其完全活化的状态下能

提供的部分可用的磁能。应该注意到示意性示出的磁场 48 沿着板材厚度延伸，并且能够与其它放置在板材 40 下面的铁磁性工件 41 相互作用。根据额外的板材工件 41 的厚度，其可以是总高度为 t_2 的一堆板材，并且根据其于饱和的工件板 40 的距离，单元 14 将能够向上磁提升额外的板 41 达组合厚度处，在那里堆叠的板 40、41 的组合磁通交换区域与上述的极靴接触区 42 或 43 基本相同。

磁场超出直接邻接的工件 40 的程度当然依赖于各个磁耦合单元 14 中出现的活性磁性材料质量。

根据本发明的一个方面，与图 7a 和 7b 中示意性例示相比较，代替使用用于提供指定的提升或耦合力一个或多个相对分开较远的单元 14，提供必需耦合力所必需的活性磁质量（见上文，不同于任何力和/或由极靴修整所引起的磁通传输放大影响）被分成多个较小的可切换磁体单元 14。按照图 1 和图 2，单元 14 将被紧固并布置在较大的非铁磁性材料的壳体（未示出）内。重要的是，还是与图 8a 至 8c 和图 10 的例示相比，单元 14 将被用于下面讨论的特定类型的阵列构造，其使得各个单元 14 能相互作用以实现改进的性能。

较适当的是定义又一几何参数，该几何参数不仅是描述任一给定阵列中各个单元 14 的整体布局所必需的，而且也是描述各个活化单元 14 的北极和南极的相对位置所必需的。参考图 5，示出了各个单元 14 的所谓极化（或磁极）轴线 PA，该轴线被表征为垂直于（竖直）平面延伸，该平面是在单元 14 的单个对径极化的圆柱磁体 20a 和 20b 的单个界面 24（见图 3a 和 3b）在该同一平面内相连时，即当单元 14 处于其中单个磁体 20a 和 20b 的磁化轴线 MA 同轴对准的完全活化或完全去活状态时定义的。在图 5 中，示出了处于其完全活化状态的耦合单元。因而实质上，和图 6 相比，极化轴线 PA 限定了在单元 14 完全活化状态下北极到南极的极向轴线，并且可以被示作是单条磁体的 N-S 轴线，并且在进一步的描述中将使用该种简化的（活化的）磁体类似物。

接着转至图 7a 和 7b，示意性示出了以线性阵列放置的多个耦合单元 14，其中各个单元 14 保持为彼此间隔有相等的间隙，各个单元 14 的极化轴线 PA 串联布局且彼此同轴，从而活化单元 14 的北极和南极以交替序列排列。图 6

以高度示意性的方式示出了在图 7a 和 7b（用单条磁体 14' 表示）中实施的串联交替阵列构造以及另一种串联阵列构造，其中单元 14' 的极化轴线 PA 垂直于阵列的轴线 AA 延伸。应该注意，邻接（或相邻）磁体 14 也以交替的 N-S 极性跨缝隙彼此相向。

再参考图 7a 和 7b，可以看到，在工件 40 内，除了在每个耦合单元 14 中呈现的单个有效的磁通交换区域（在图 5 中为 44 和 46），在每一对单元 14 之间还存在附加的有效磁通交换区域（此处称作第三磁通交换区域 50），其作为阵列中各个单元 14 的相对较近间距的结果而形成并且由于各个相应相邻单元对的磁场的相互作用而存在。在图 7a 中的例示中，五个单元 14 的交替的磁极排列增加了四个有效的第三磁通交换区域 50，它们还有助于限制各个单元 14 的磁场。第三磁通交换区域 50 具有的一个效果是在磁通密度被工件 60 的高磁阻限制时，各个单元 14 的磁极接触区 42、43 的磁通密度增大，其中单元 14 的阵列在工件 60 上起作用。相比较于使用单个单元 14 通过此方式可以实现较大的拉伸强度和改进的磁效率，其中该单个单元 14 具有和各个单元 14 的活化磁性质量之和相同的总活化磁性质量。

各个单元 14 之间的间距（或线性缝隙 g ）控制总的磁场大小。邻接单元 14 之间的短间距 g 将加强分开的单元 14 之间的磁通交换，伴随总场强和总透深的降低。单元 14 之间较大的间距 g 更加强了单元 14 个体的磁极之间磁通交换，伴随场强的增加和对工件更深的透深。

与图 6 的线性阵列相比较，图 8a 至 8c 显示了各个单元 14 的圆阵列布局的示意性平面图（仰视图或俯视图）。图 8a 的圆阵列构造在图 1 示出的测试夹具和图 2 示出的磁起重设备 100 中被实施。在图 2 的起重设备 100 中，六个单元 14 以固定但可拆卸的方式紧固在外圆周壳体部件 120 内，该壳体部件具有圆形面板 135，工件（未示出）可以抵靠在其上。安装有未示出的机械臂连接装置的致动器模块 130 被栓接到壳体部件 120 的后面并且提供一种装置，通过该装置单元 14 的同样未示出的致动设备（例如图 3b 中在 30 示出的）可被用来如上述那样共同地活化和去活各个单元 14。

应该注意，图 8a 和 8b 的圆阵列构造实质上表示图 6 中示出的磁极交替的

线性串联阵列的自由端的闭合，籍此提供完备的阵列构造，其中所有单元 14 均具有一相邻单元 14，这使得单元对之间能够进行相互作用。也出于该原因优选圆形阵列构造，因为其相对于端部开放的线性、矩形或其它列行阵列具有更加均匀的力场分布。

在图 8a 示出的阵列中放置六个单元 14，其中各个单元 14 的相应的磁堆叠轴线 A 垂直于半径为 r 的虚圆和绘图平面延伸，各个单元 14 的磁极轴线 PA 基本上沿所述的将堆叠轴线 A 连接起来的虚圆线的切向延伸（即，基本垂直于所述半径 r ），并且相应单元 14 的活化北极朝向相邻单元 14 的活化南极，反之亦然。在该种阵列构造下，存在十二个有效的磁通交换区域，它由在各个单元 14 上的六个第一和第二磁通交换区域 44/46、以及六个相邻单元 14 之间的第三磁通交换区域 50 构成。

在图 8a 的阵列中，还存在非邻接单元 14 的北极和南极之间的磁场相互作用，然而它们在实践中是不重要的并且很微弱，以致并不会有助于有效的整个磁通交换区域 44/46 和 50。

如在比较图 8a、8b 和 8c 中可以注意到，根据球阵列中各个单元 14 的磁极轴线 PA 相对于相邻单元 14 的相对方向，各个单元 14 的圆阵列构造可以产生不同的有效磁通交换区域。在图 8b 中示出了所谓的交替的星型阵列构造，其中呈现与图 8a 的圆阵列相同的阵列半径 r 。然而，在该种阵列构造中，各个单元 14 被放置成使其磁极轴线 PA 放射性布局（轮毂和辐条），基本与各个单元的相应半径同轴，且单元 14 具有向内的活化北极或南极和向外的另一磁极。同时，相邻单元 14 被布置成交替的磁极径向向内以及径向向外，籍此使相邻单元的活化北极和南极相邻。

图 8b 还示意性地示出了在该阵列构造中存在的有效磁通交换区域，其中径向向内放置的第三交换区域 52 是相邻单元 14 之间的有效磁通交换区域，由于径向向外放置的相邻单元的活化磁极相比向内放置的磁极的距离增加，其呈现出的交换比径向向外放置的第三交换区域 54 强。相同地，由于在整个阵列的径向相对侧放置的单位 14 的极性相反的活化磁极相对接近，因此存在三个有效的第三磁通交换区域 56，它们在径向相对单元 14 之间延伸，磁通交换区

域 56 以星状图案交叉排列。

如果需要增加的磁通透深,则图 8b 的阵列可以改变成图 8c 中示出的阵列构造,其中尽管单元 14 呈现相同的布局,但是各个单元 14 的活化磁极(磁极化)被设置成所有单元 14 在阵列的内径端部具有相同的极性,即,单元 14 被径向排列成各个单元 10 的相同磁极径向向内而另一磁极径向向外。在该种阵列形式下,各个活化单元 14 的北极和南极沿着由半径 r 限定的圆“并联”并且有效地合并成两个环状、更大的磁极单元,籍此限定环带形的同心有效磁通交换区域 58,其由各个单元的有效磁通交换区域 44、46 形成。然而,沿交换带的磁场强度分布不均匀,在各个单元 14 的相应磁极处达到最大值。事实上,该种阵列构造不具有任何相邻单元 14 之间的第三磁通交换区域,并且提供磁通交换图案(在原理上),该图案可以是通常的具有径向内环磁极和径向外环磁极的磁杯设计比得上的。

图 9a 至 9c 分别表示在与非常薄的铁磁性金属板或磁纸(magpaper)相接触时在图 8a 至 8c 的阵列的界面处呈现的使用计算机辅助模型生成的理想化的二维磁力线图案。应该注意,该图案仅用于可视性辅助并且仅代表理想化模型。

在图 9a 中示出的磁场图案相对 H 磁场限定的磁导浅,其中使相异磁极按圆形排列的磁体的布局提供了有效的自调节磁场,如在下文详细描述。作为对比,在图 9b 中示出的磁场图案尽管也是浅磁导,但是却提供了相对较宽扩展的磁场。最后,9c 的磁场图案清晰地示出除了阵列中邻接磁体的磁力线的合成压缩,相邻磁体之间没有磁相互作用,籍此磁能被扩大并且获得了垂直于绘图平面的更深磁导率磁场。

从上面的描述中显而易见的是可以取决于包括磁阵列的磁设备(例如,耦合设备、起重机等等)的目标使用区域来确定磁体单元 14 的数量和大小的选择以及间隔布局,但是具体地是取决于与阵列接触的铁磁体的特性。例如,在图 1 中示出的磁起重机的测试夹具采用了 5 个 Magswitch M1008 型可切换磁体阵列且磁体间的间隔为 1 毫米,它可施加 145 牛顿的拉力到 0.8 毫米的铁板上。在该种情况下,在下面直接接触的第二板上的拉力不太明显。

下面的表格示出了按照本发明将给定质量的磁活性材料划分为分开的子

质量块并且将这些子质量块放置到特定的阵列构造中的一些基本的优点。该表总结了由六种磁起重机进行的提升实验的效果，表中的前三个是包括六个 Magswitch M1008 型的（即如在图 2 和图 3 中示出的，具有尺寸为 10 毫米的直径和 8 毫米的高度的圆柱磁体）可切换磁体阵列的磁起重机，而表中后三个成员采用 M2020 型、M3020 型和 M5020 型的较大的可切换磁体（即，分别为直径 20 毫米×高度 20 毫米的磁体，直径 30 毫米×高度 20 毫米的磁体，直径 50 毫米×高度 20 毫米的磁体）。在下表中，“交替星阵列”表示按照图 8b 的阵列构造，“联合星阵列”表示按照图 8c 的阵列构造，而“圆阵列”表示按照图 8a 的阵列构造。

	活性磁性材料体积 (立方毫米)	用牛顿表示的 峰值拉力	用牛顿表示的完全 活化的 1 毫米板上的 拉力	用牛顿表示的部分活化 的 1 毫米板上与饱和度 相匹配的拉力
1008 x 6 交替星阵列	3768	420	260	自调节
1008 x 6 联合星阵列	3768	450	200	130
1008 x 6 圆阵列	3768	220	200	自调节
2020	6283	450	180	80
3020	14137	750	270	110
5020	39270	1500	320	100

做出许多观察是值得的。应该注意，尽管单个 M5020 磁体的总活性磁性材料质量是星型阵列的 10 倍，但其最大提升能力（用牛顿表示的最大拉力）仅仅是交替星型阵列构造的约 3.57 倍。当与厚度为 1 毫米的铁磁板相配合时，相同的阵列所具有的拉力仅比单个 5020 磁体少 60 牛顿，并且比单个 2020 磁体多 60 牛顿，而该 2020 磁体所具有的活性材料的质量约是交替星型阵列起重机的两倍。还应该注意到，当单个磁体单元 3020 被切换到磁化状态以匹配能够载运 1 毫米厚的金属板的磁饱和度从而实际地限定进入工件金属板的磁通路并防止磁场延伸出工件时，其拉力是最大拉力的约 1/7，并且与其完全活化状态（其中磁场将延伸出金属板的厚度）下的拉力相比少 1/2 还多。即，使用单个磁体会减小磁化力以避免磁场延伸出工件边界，在磁通被“瓶颈阻塞”时磁极磁通密度降低，并因此使得可用拉力减小。由于相邻阵列部件之间的附加磁

通路的存在，该阵列构造用于扩大“瓶颈阻塞”的磁通区域，因而引起总磁极磁通密度增加，这导致更大的拉力。

然而，特别需要关注的是交替星型阵列和圆阵列构造均呈现出所谓的自调节磁场，从而允许保持比表中所列的其它任何起重机大的拉力。

将参考附图 10 和 11 解释该种现象。在图 10 中，示出了理想化的二维模型磁体螺旋环 80，其中在其它情况下闭合的 6 磁极磁体螺旋环在六个分立的位置 82a 至 82f 开放，从而限定六个偶极子磁体 84a 至 84f，假定这些偶极子是非线性偶极子，则在活化（只是对于偶极子 84a 至 84f 的微弯的极化轴线 PA'）时，其实际提供了类似图 8a 的圆偶极子阵列构造的布局。

具有交替的 N-S 磁极的“闭合磁路”圆磁体阵列 80 的理想化 H 场图案将在闭合的磁路内将完备，但不可用，并且外部工作的磁路也不可到达，其中相邻磁体 84a 至 84f 被“短路”（通过将周向相对磁体相邻接或将极靴插入各个缝隙从而提供到各个相邻磁体的 N-S 极对的桥）。螺旋环在一处或多处的开放（例如图 10 中所示的六个缝隙 82a 至 82f）提供了多个入口，每个入口均允许‘接入’（螺旋环）阵列的活性磁性材料中所存的磁能。

应该注意到，在开放的螺旋环 80 中，在相邻磁体 84 之间的各个缝隙 82 处，存在相邻磁体 84a 至 84f 的相反 N 极和 S 极之间的磁通交换区域，籍此提供穿过在缝隙容积内的介质的磁通路，并且总的阵列布局将提供第一（闭合）磁路，其包括磁体 84a 至 84f 以及缝隙 82a 至 82f。当铁磁性物体与 82a 至 82f 的一个或多个入口进行磁相互作用时，阵列所提供的“槽”磁路内可用的磁通能够在第二（闭合）磁路的磁阻比第一磁路小时（即比阵列磁路小时）转入或“分流”入物体，第二（闭合）磁路包括物体、位于邻接磁体 84a 至 84f 的 N 极和 S 极处的极靴（未示出）以及两个或多个磁体 84a 至 84f 的桥，其中物体可倚靠极靴与其接触。

分流到第二磁路的磁通的比例将依赖于两个磁路的磁阻。换言之，如果处于相同磁动势的第一和第二磁路均具有相同的磁导率，则发生相同的磁通共享。其中一个磁路的磁路磁阻的增加将导致磁通从该磁路迁移至另一磁路，反之亦然。该基本原理体现在上述的图 8a 和图 8b 的圆及交替星型阵列构造中。

参考图 11a 和 11b 可以最佳地简化本发明的磁通分流功能方面，图 11a 和 11b 是两个图 3b 中所述类型的可切换永磁体单元 240、242 的示意性侧视图，并且这些永磁体单元如同图 5 和 6 中所示的呈线性阵列布局，在固定的位置处通过单元 240、242 的相向的 N 极和 S 极（例如，极靴 246、248）间小的隙 241 彼此相接。应该理解，该种理想化的双磁体阵列也可存在于图 8a 和 8b 的圆阵列中，以及图 10 的开放的螺旋环中。

在图 11a 和 11b 中，线 244 仅仅用于表示用于实现 S 极和 N 极间闭合（短路）磁路的理想化的无磁阻桥，该 S 极和 N 极并不跨在单元 240 和 242 的另一 N 极和 S 极之间保留的气隙 241 彼此相向，以致于在该种布局下仅存在一个入口。

现在转至图 11a，在没有工件（例如，图 11b 中的金属板片 250）的情况下，两个磁体 240、242 之间跨气隙 241（磁路在其它情况可如在 244 示出的闭合）存在磁通交换路径。给定磁化力的磁通量主要依赖于磁体 242、240 之间的气隙的宽度和横截面。由于空气的磁导率与磁通密度成线性关系，在磁路该部分中的全部磁通传输行为呈线性。因此，气隙磁路的磁阻依赖于磁通的几何传输面积和缝隙中材料的磁导率，该材料可以是空气以外的物质，但是其必需具有理想化的极小的相对磁导率（空气的磁导率约为 1），不过在任何情况下其磁导率均远小于工件的相对磁导率。

如图 11b 中可见的，当具有高于空气磁导率的铁磁性工件 250 与邻接磁体 240、242 的相异磁极进行磁相互作用时，在磁体 240、242 的相异磁极之间形成附加的磁通路，该磁通路的磁阻比气隙 241 上的小。将“通过”该磁路（或磁路）的磁通量主要由工件材料（如果该工件具有小的厚度）的磁导率决定。磁通从第一（气隙）磁路“抽出”并转入第二（工件）磁路。工件的磁导率初始非常高，即是空气的几千倍，直到工件中达到磁通饱和。第二磁路的磁导率将按照适用于工件材料的相关非线性 B-H 磁化曲线逐步降低（随着磁通密度增加），直到达到饱和。于是第二磁路的磁阻等于或大于气隙磁路的磁阻，并且不再有磁能从气隙磁路被“收回”。

如图 11a 和 11b 所示，在无负载的“槽”路中，气隙上初始可以具有较大

的磁通值，例如，0.48 特斯拉，当工件连接邻接磁通 240、242 的相反磁极 N 和 S 时，该磁通将被分流并且在气隙 241 内将保留较小的磁通，例如，0.11 特斯拉，一旦跨工件的分流磁路饱和即完成。

有效地，以上述标准设计的磁体阵列构造将提供一种磁性设备，该设备在与铁磁性工件相互作用时展现自调节磁场强度，工件的非线性饱和度用于调节并稳定在第一磁路内的接入入口处的可用的磁化力（磁场强度 H）。在此需要补充的是能够从阵列收回的磁能的总水平和邻接磁体间距成反比。

尽管上述磁体阵列构造利用了上面提及的专利中也被描述的可切换永磁体单元 14、140、240，但应该理解可以采用其它的偶极子磁体单元。N-S 磁化轴线也不必是直线，在特定的情况下其也可以是微弯的圆阵列形式。

与（可切换）磁体单元内的活性磁性材料相互作用的极靴的具体形状也可以根据需要而改变以获得从活性磁性材料到工件的期望的磁通传输图案。

同样地，选择其中保持磁体阵列的壳体的材料和形状以适应具体应用，如同在上面提及的界限内的精确布图的阵列构造。

同样还应该理解图 9a 至 9c、图 10 和图 11 示出了基于三维制造物的理想化且简化的磁通路、磁场几何学及类似物的二维模型，并且其受到开放和闭合（或有负载）磁路易遭受的其它众多作用和限制条件的影响，例如，不完全磁路、磁场漏等等。同时，在制图中由于计算机引入某些简化和不精确使得附图仅用于例示一般原理。

虽然主要结合在磁起重机和耦合设备的特定应用中可见的概念描述了本发明，但应该理解磁体阵列适于应用在其他设备中，在这些设备中可磁化（铁磁性）的工件将被该种设备紧固以夹持或移动同样紧固地连接至设备的该种工件，反之亦然。

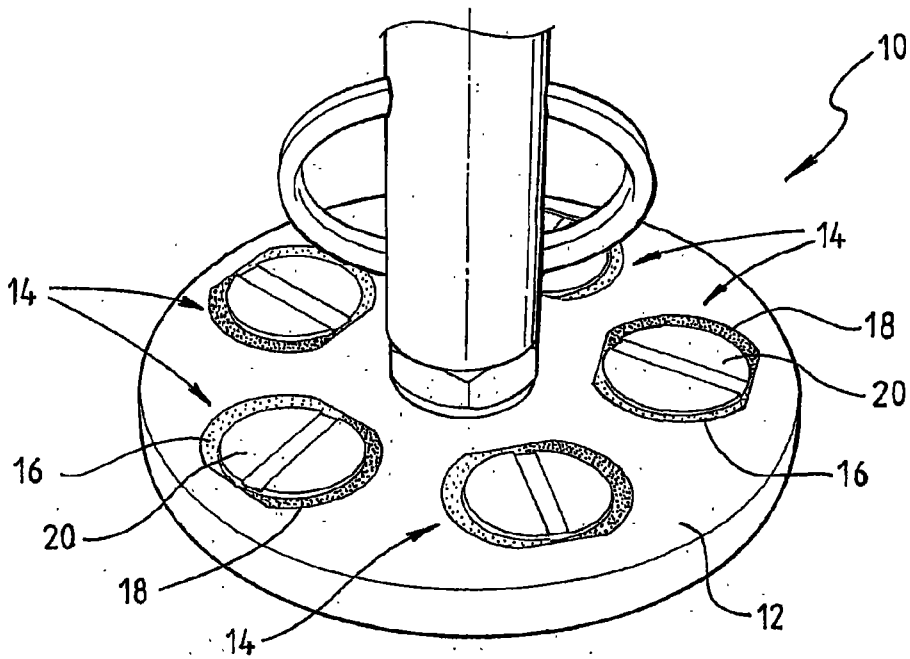


图 1

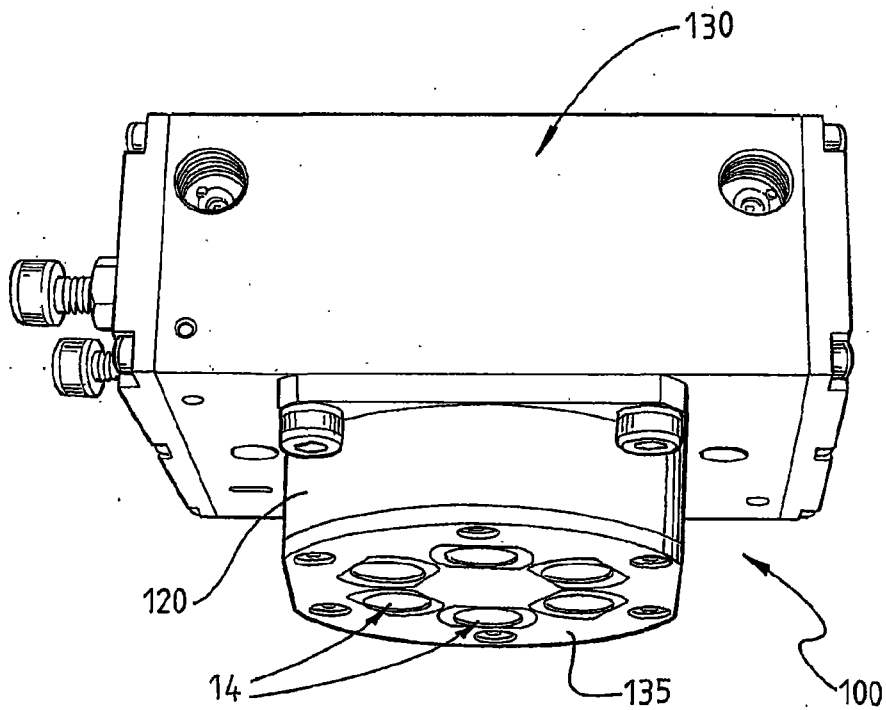


图 2

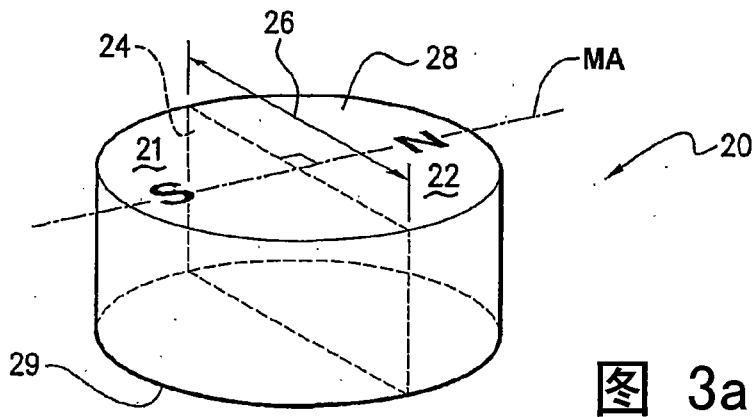


图 3a

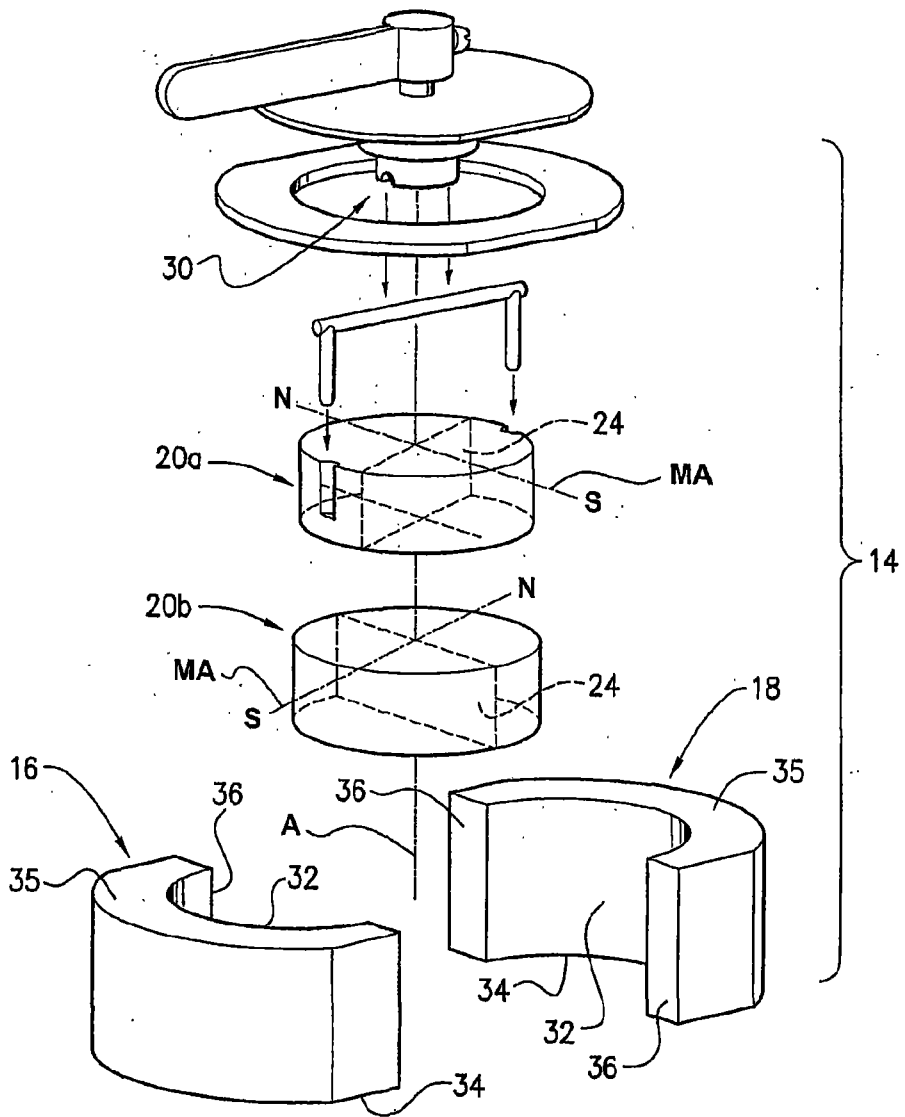


图 3b

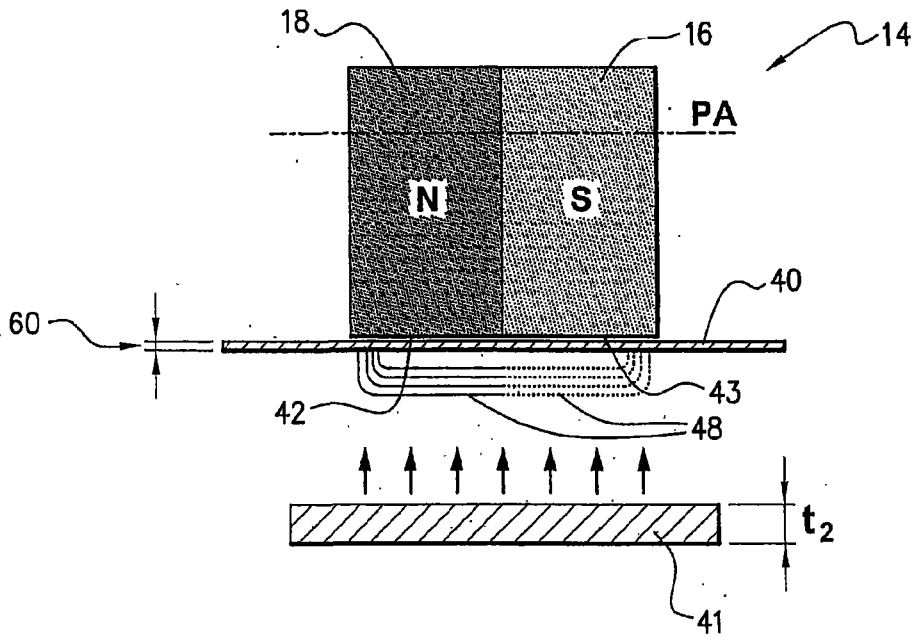


图 4

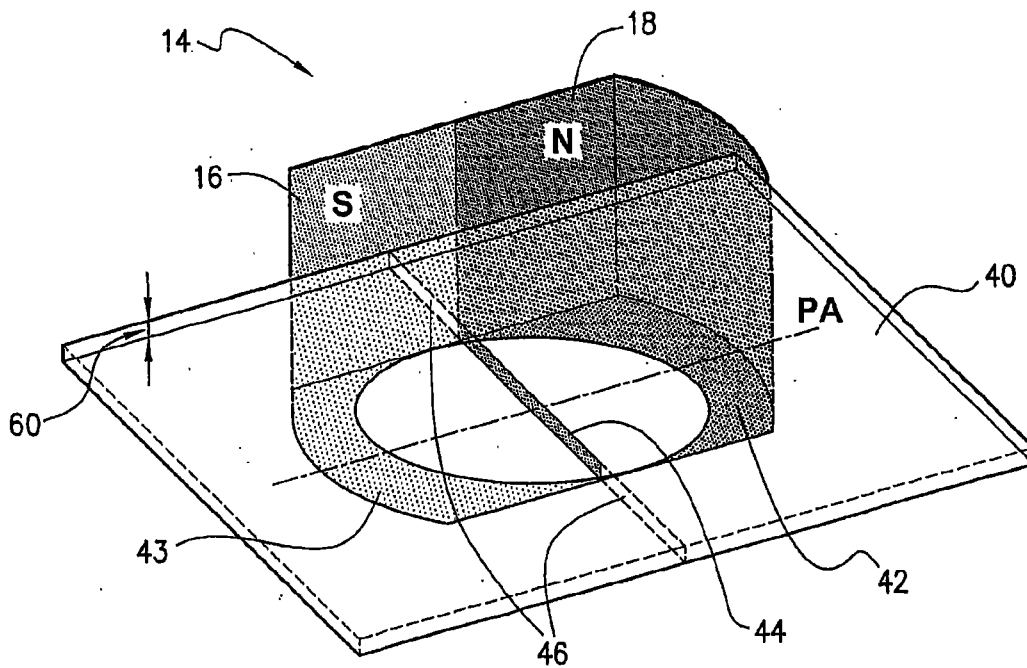


图 5

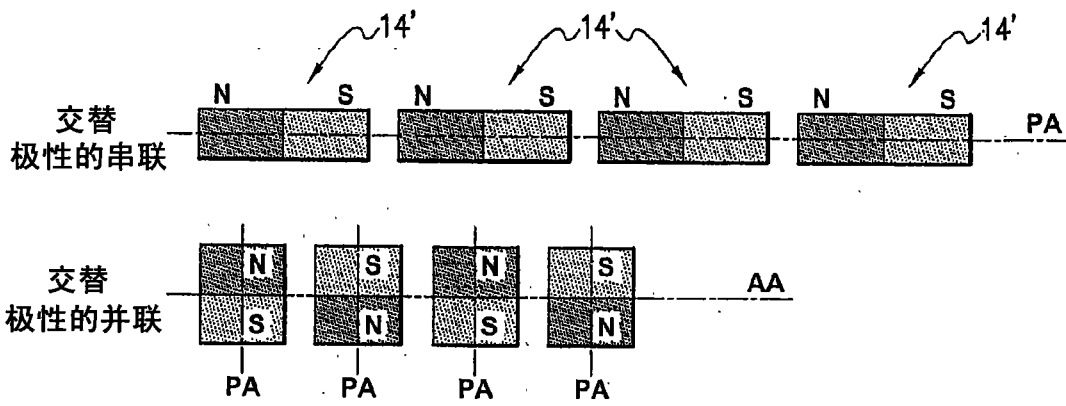


图 6

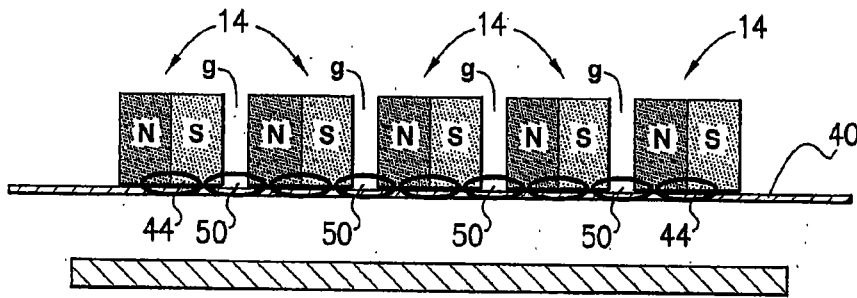


图 7a

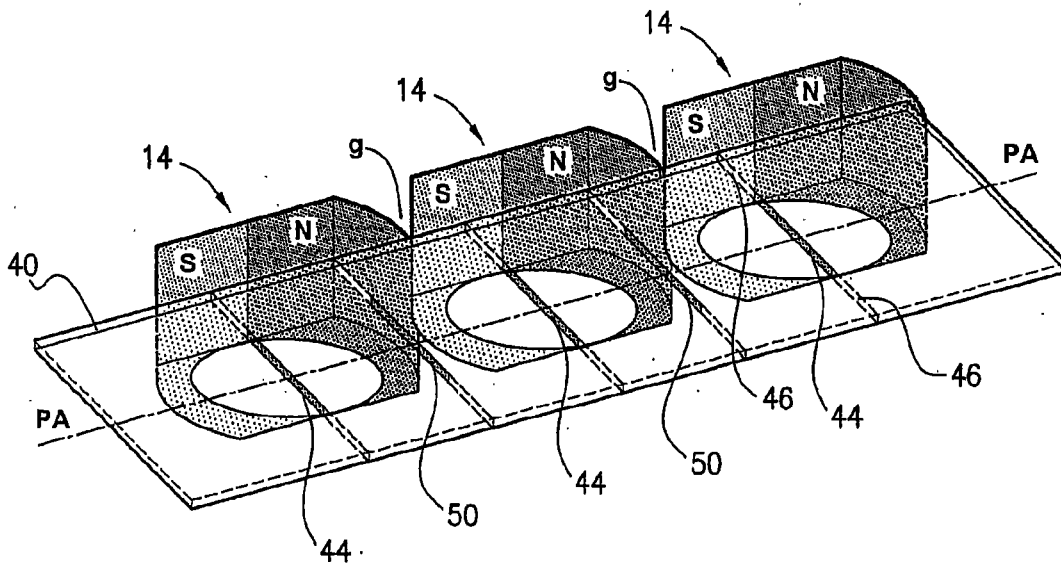
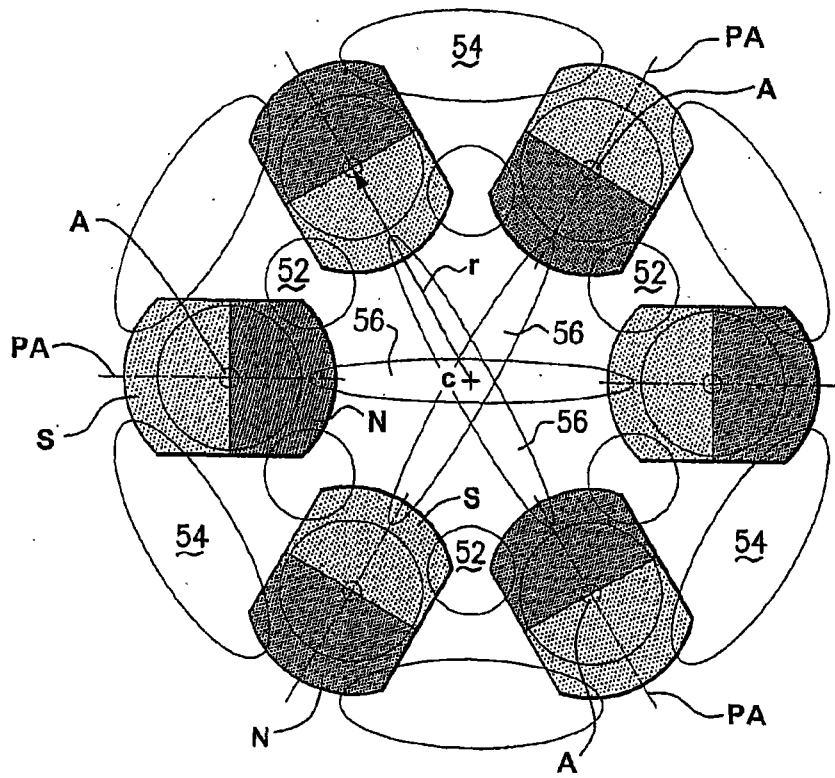
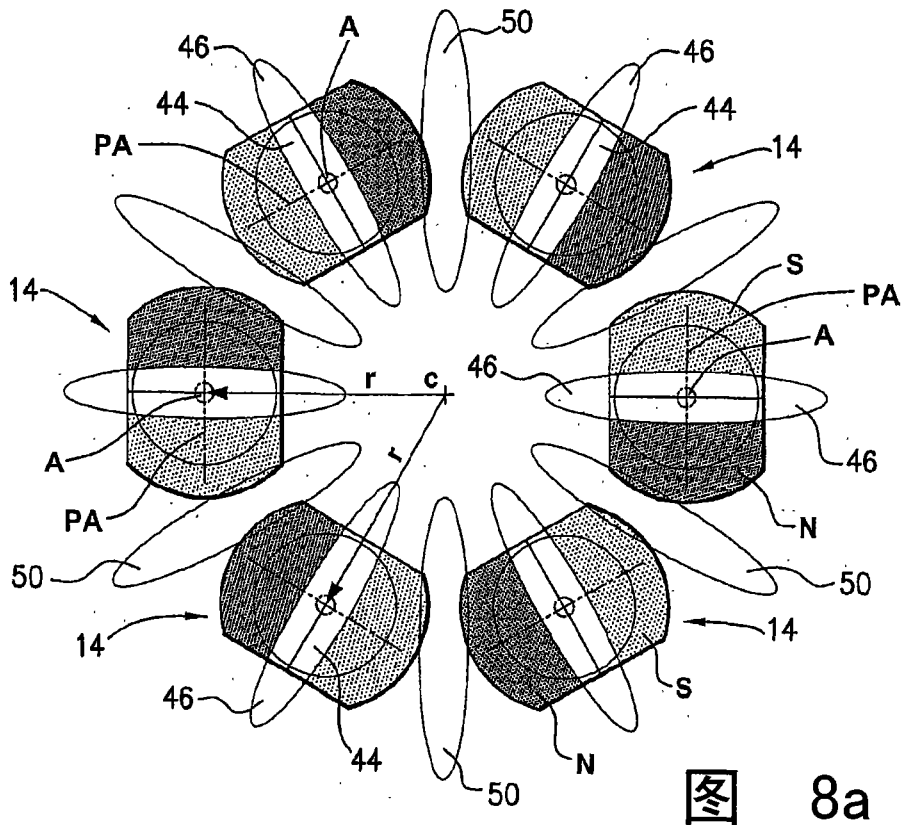


图 7b



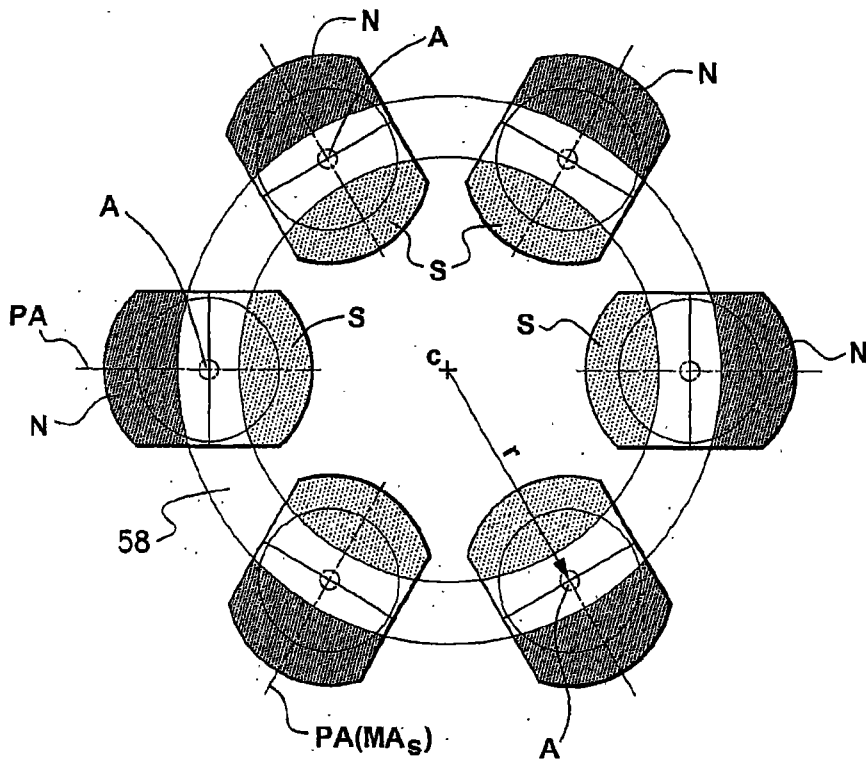


图 8c

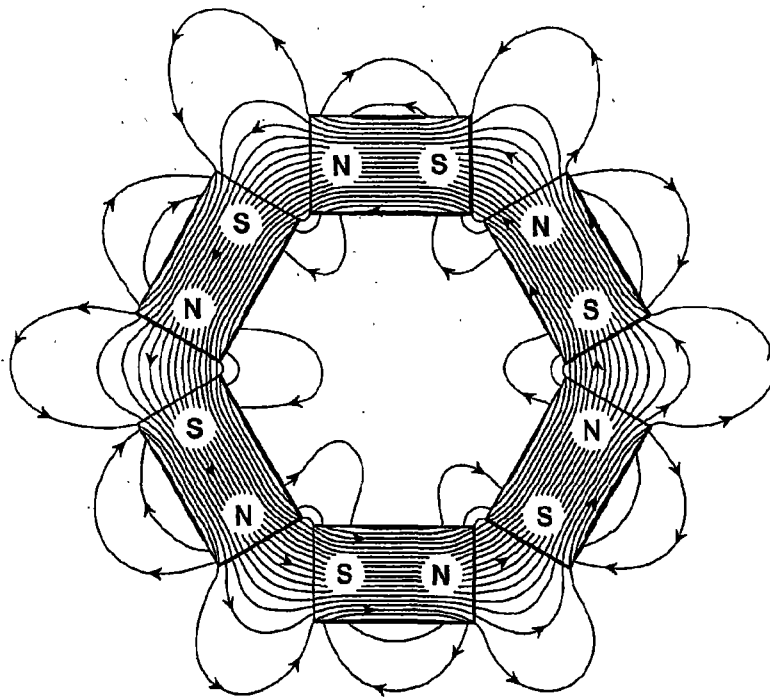


图 9a

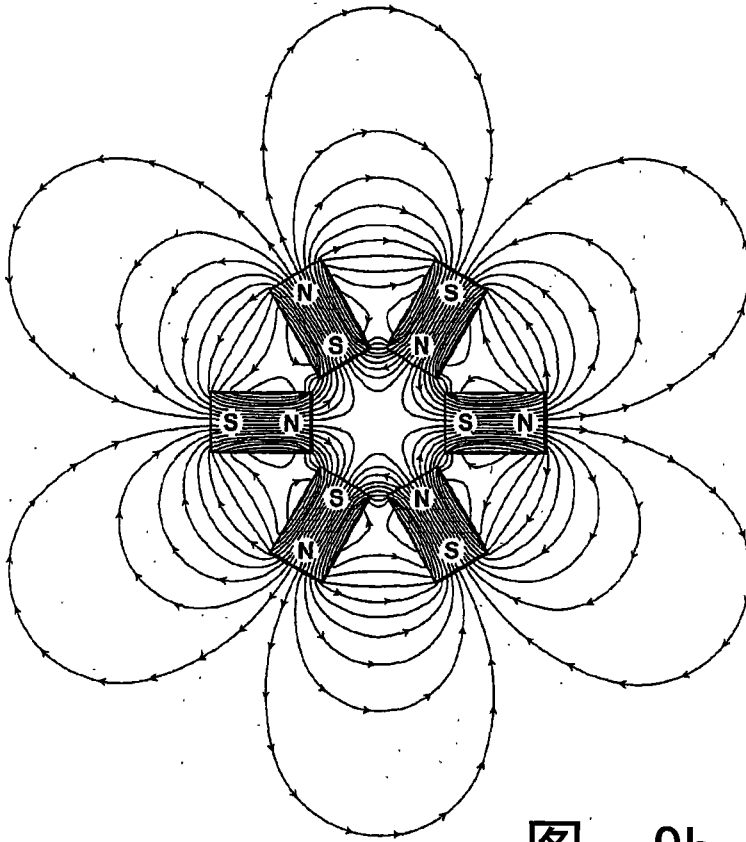


图 9b

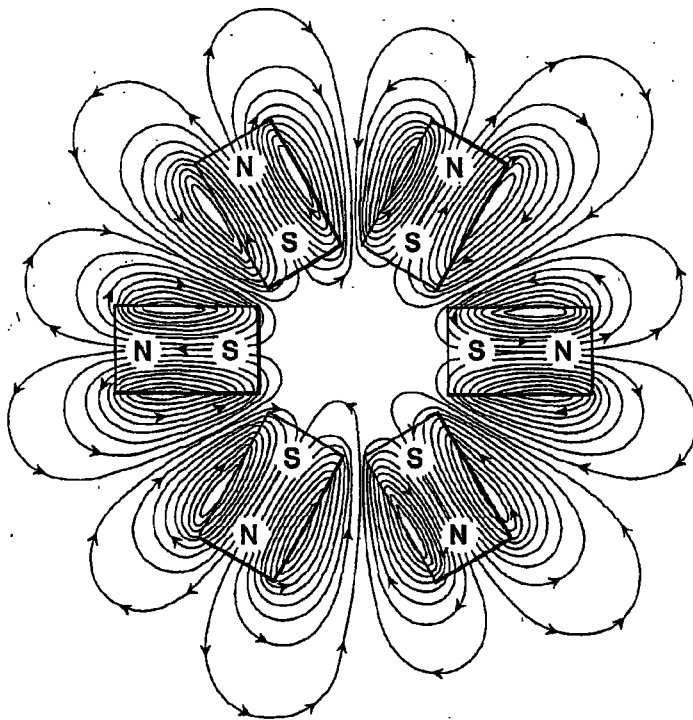


图 9c

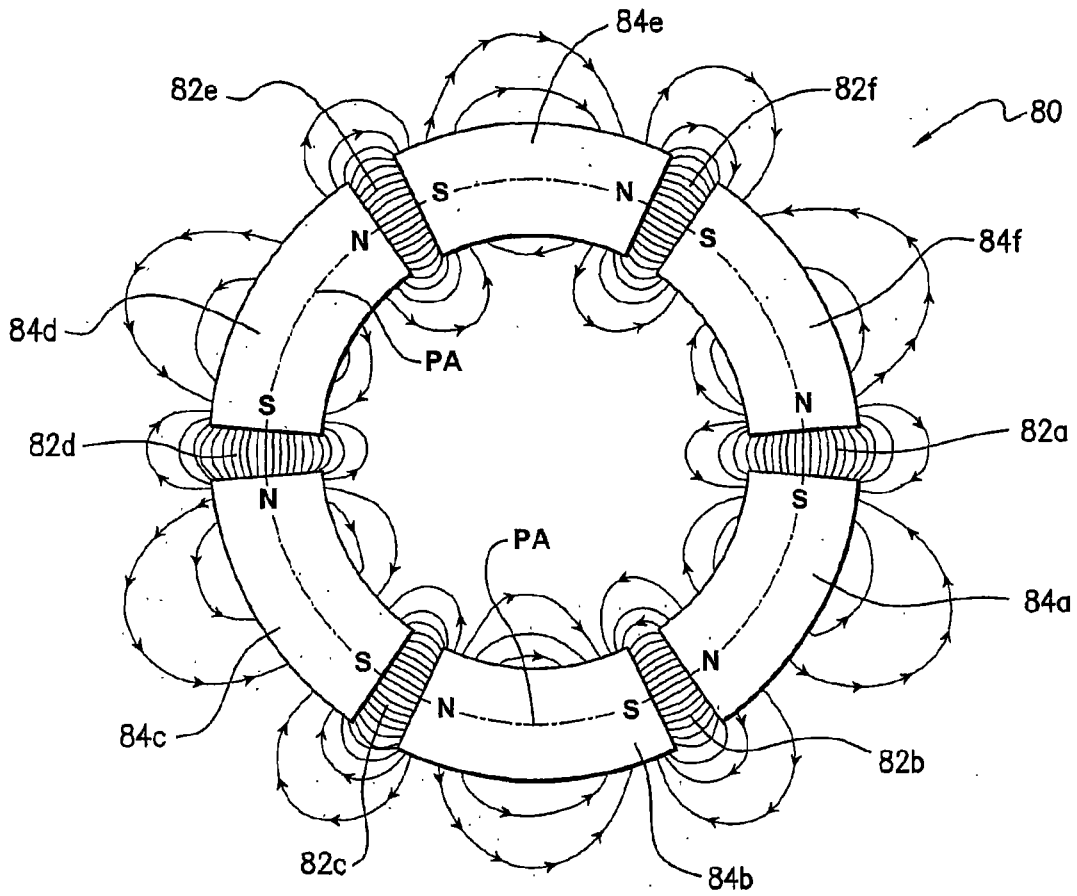


图 10

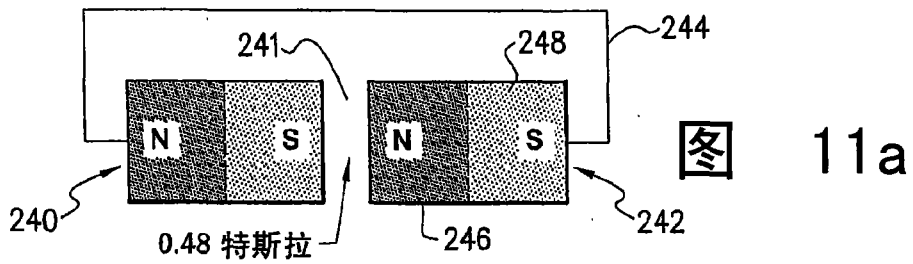


图 11a

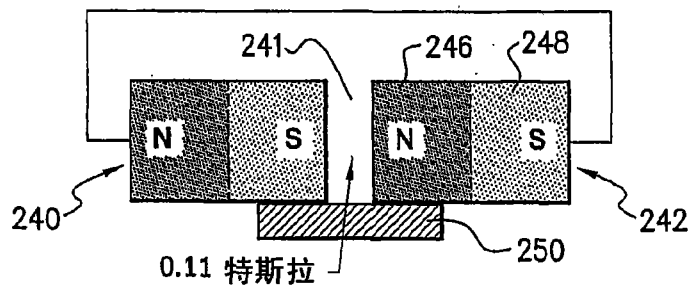


图 11b