

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02K 1/27 (2006.01)

H02K 21/22 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480013793.5

[43] 公开日 2006年6月21日

[11] 公开号 CN 1792016A

[22] 申请日 2004.5.18

[21] 申请号 200480013793.5

[30] 优先权

[32] 2003.5.19 [33] US [31] 10/440,118

[86] 国际申请 PCT/US2004/015485 2004.5.18

[87] 国际公布 WO2004/105215 英 2004.12.2

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.21

[71] 申请人 波峰实验室责任有限公司

地址 美国弗吉尼亚

[72] 发明人 鲍里斯·A·马斯洛夫

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 黄启行 谢丽娜

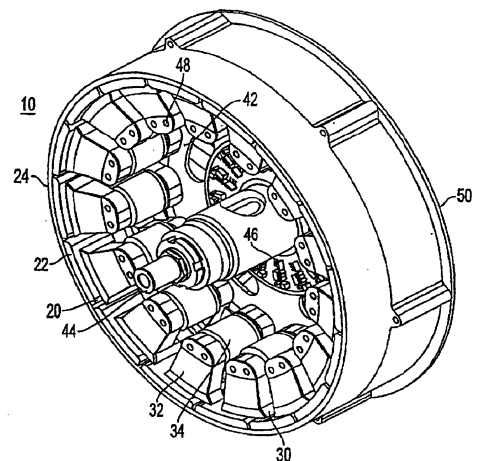
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 10 页

[54] 发明名称

具有沿轴向布置的定子极和/或转子极的发电机

[57] 摘要

一种电动发电机，包括具有多个永磁体元件的转子，这些永磁体绕转轴设置在圆环结构上，磁体元件沿内环表面磁极性是连续交替的，还包括通过径向气隙与转子间隔开的定子。该定子包括多个磁性铁芯段，该铁芯段具有缠绕其上的各自线圈以形成定子绕组，该铁芯段相互间隔开而不直接接触并且沿径向气隙设置。每个定子段包括多个沿平行于转轴方向相互对齐的极。因此定子包括多个沿径向布置的定子极组，这些定子极组沿轴向彼此分开设置。



1. 一种旋转电动发电机，其包括：

5 转子，包括多个绕转轴设置在环形结构上的永磁体，还包括圆柱形背板，磁体元件沿所述背板的内圆表面的磁极性是连续交替的；定子，通过径向气隙与所述转子间隔开，所述定子包括多个铁磁铁芯段，所述铁芯段具有各自缠绕其上的线圈以形成定子绕组，所述铁芯段间
10 隔开而不直接接触并沿径向气隙设置，每个定子段包括多个沿平行于转轴方向相互对齐的极，从而所述定子包括多组定子极，每组中的极沿径向布置，所述多组定子极沿轴向是彼此分开的。

2. 根据权利要求 1 的旋转电动发电机，其中所述多组定子极中的一组与对应组的转子永磁体跨过所述气隙沿径向对齐。

15 3. 根据权利要求 2 的旋转电动发电机，其中所述多组定子极中的每组与各自组的转子永磁体跨过所述气隙径向对齐。

20 4. 根据权利要求 3 的旋转电动发电机，其中，每组永磁体中的磁体与其余永磁体组中的对应永磁体是轴向对齐的，从而形成相邻永磁体的轴向单元，所述相邻永磁体具有彼此相反的磁极性。

5. 根据权利要求 4 的旋转电动发电机，其中每个转子轴向单元中的磁体彼此是分开的。

25 6. 根据权利要求 5 的旋转电动发电机，其中每个转子轴向单元还包括沿轴向延伸的导磁部分，所述单元中的每个磁体固定到所述导磁部分上。

30 7. 根据权利要求 6 的旋转电动发电机，其中全部转子轴向单元的导磁部分在结构上是彼此分开的。

8. 根据权利要求 5 的旋转电动发电机，其中每个转子轴向单元贴附到与转轴同心的非铁磁性背板上。

5 9. 根据权利要求 8 的旋转电动发电机，其中所述转子包围所述定子。

10 10. 根据权利要求 9 的旋转电动发电机，其中，所述转子的非铁磁性背板与侧板是一体的，以形成围绕所述转子永磁体以及定子极组的壳体，并且还包括：

非铁磁支撑定子结构，所述铁芯段贴附到所述支撑定子结构上，至少一个轴衬枢轴连接在所述转子壳体和定子支撑结构之间。

15 11. 根据权利要求 10 的旋转电动发电机，还包括多个安装在所述转子壳体上的风叶片。

12. 根据权利要求 8 的旋转电动发电机，其中所述多个转子轴向单元沿所述背板是彼此分开的。

20 13. 一种发电机的转子，其包括：

多个绕转轴设置在圆环结构上的永磁体，所述磁体沿内环表面磁极性是连续交替的；其中转子永磁体中的每个配置成多个单独的轴向单元，每个单元包括多个沿平行于转轴方向彼此对齐的磁体，每个单元中的相邻磁体具有彼此相反的磁极性，每个永磁体在所述内环表面表现出一个磁极性，在外环表面表现出相反的磁极性，从而磁通是沿径向方向导引的。

30 14. 根据权利要求 13 的转子，其中每个转子轴向单元还包括沿轴向延伸的导磁部分，各个单元中的每个磁体安装到所述导磁部分上，从而增强磁通的分布。

具有沿轴向布置的定子极和/或转子极的发电机

5 相关申请

 本申请是 2001 年 10 月 1 日提出的待批准美国申请 09/966,101 的继续申请。

 本申请包括的主题与下列待批准的美国专利申请相关，其中包括：
10 Maslov 在 2003 年 5 月 19 日提出的美国申请 10/440,118、Maslov 等在 2001 年 4 月 5 日提出的美国申请 09/826,423、Maslov 等在 2001 年 4 月 5 日提出的美国申请 09/826,422，这些申请随本申请共同转让。这些申请中公开的内容全部作为参考被包含在本申请中。

15 技术领域

 本发明涉及旋转电动机，尤其涉及具有多个转子元件和定子元件的电机，并且转子和定子元件包括多个沿平行于旋转轴方向排列的极。

20 背景技术

 诸如用于电机控制的微控制器和微处理器等电子系统的逐步改善，以及不断改进的便携式电源的出现，已经使用于驱动车辆的高效电机发展成为一个巨大的挑战，并且使电机替代内燃机变得可行。电机绕组的电子控制脉冲励磁为更加灵活的运用电机特性提供了发展前
25 景。通过控制施加在适当定子绕组上的脉冲宽度、占空比以及电源的切换应用，实际上可以获得如同交流同步电机运行一样的功能多样性。将永磁体与这样的绕组结合起来使用对限制电流损耗方面是很有利的。

30 上面提到的 Maslov 等的待批准的 No. 09/826,423 美国专利申请，

确定并致力于满足的需求是改善电机，使其具有简化制造并具有高效、灵活的运行特性。在车辆驱动场合中，极其需要在很宽的速度范围内得到平滑运行，并且用最小的功耗维持高的转矩输出能力。这种车辆电机驱动应该可以具有可迅速得到各种结构组件来方便的更换部件的优点。待批准的相关美国申请包含电磁极作为设置在环形环上的隔离的导磁结构，其沿径向相对较薄以提供有利的效果。与现有技术相比，采用这种配置，可以集中磁通，其几乎没有任何损耗或者在电磁铁心中有害的变压器干扰效应。采用上面提到的待批准申请中的结构，尽管可以改善转矩特性和效率，但是仍然需要对其进行进一步改善。

为此，上面提到的 Maslov 等的待批准的 No. 09/826,423 相关美国专利申请寻求对转子参数进行优化，例如磁铁的等级、能量密度、磁体等级的综合磁特性、磁铁大小以及尺寸等，这些参数可以调节有效工作性能以及磁铁作为转子一部分时的磁铁整体工作条件，还能够调节磁铁的温度稳定性、调整为预定应用目的的磁铁制造过程中的完成、涂层和后加工步骤、调节磁铁曲线表面上的磁稳定性、磁铁径向磁化的一致性、调整两个分开磁铁的相邻气隙、磁铁边沿的机械特性以及比如由背铁环部分提供的磁铁返回磁路。

Maslov 等的申请认为将电磁体组隔开可以使磁通在磁铁芯组上分别集中，几乎没有磁通损耗或者与其它电磁体之间发生有害的变压器干扰效应。通过将单个极对配置成隔开的电磁体组可以得到运行上的优势。当对极对绕组的励磁进行切换时，各个极对与其它极对组之间的磁路隔离消除了相邻组上的磁通变压器效应。组内没有另外的极可以避免组内的任何这种效应。

尽管通过上述的各种努力已经取得了显著的进步，但是已经发现还没有充分意识到利用电机结构的三维方面来获得潜在的优点。待批准申请中的电机，所有的定子和转子极是沿圆周分布在旋转轴的周

围，并沿轴向同延（coextensive）。对于给定的气隙直径，极的总数为极对数的两倍，极的总数由实际的物理性能限定。因此可以确定在转子和定子之间产生磁通作用的各个极的最佳有效表面积，以及产生这种作用的极的数量。极其需要一种能够得到更高性能的电机结构配置，在该结构中，磁通分布更加集中，同时可为具有相同气隙直径的电机提供更多数量的具有相同的各自有效气隙面积和/或更大的有效气隙总面积的极。这种三维结构配置对发电机来讲是非常有益的。

发明内容

本发明进一步满足现有技术中的上述需求，并为诸如绝缘单个极对结构的配置方式提供额外的优点，其中这种绝缘单个极对的结构已经在上述 Maslov 等的申请中公开了。

通过扩大沿电机或发电机轴向的定子和转子极之间的径向磁通分布相互作用，可至少实现本发明的部分优点。

通过利用材料可以实现本发明的其它优点，利用这种材料软导磁介质可以形成各种具体形状。例如，铁芯材料可以由 Fe、SiFe、SiFeCo、SiFeP 粉末的软磁等级材料制成，这种材料中的每一种材料具有独特的功率损耗、渗透性以及饱和度。具有适当公差的定子元件铁芯几何形状和铁芯尺寸构成时不需要形成叠片，因此使在成对的转子永磁体和定子电磁体极之间展开的磁势梯度最优化。

本发明的结构特征至少清楚呈现了前述部分优点，其中电机或发电机包括转子和定子，转子和定子中每一个设置成角环形结构并相互之间通过环形气隙间隔开。定子包括多个导磁铁芯段，线圈缠绕其上，铁芯段相互不直接接触并沿径向气隙设置。每个定子段包括一对沿平行于转轴方向彼此对齐的极。因此定子具有两组轴向间隔开的极，每组极沿轴向对齐。因此每个铁芯段极对包括所述组中的一组的极，该极与对应的另一组的极在结构上相连。在这种结构中，极对的总数在

数量上等于一组中的极数。优选的是，每个定子铁芯段中的极通过连接部分结合在一起。定子绕组可以形成在该连接部分上，通过给绕组提供电流可以在极对上形成相反的极性。作为替换，绕组包括两组分别沿彼此相反方向缠绕在定子极对的对应极上的线圈，这些绕组可以串联连接或并联连接，通过给连接的线圈组提供电流可以使定子铁芯段的极磁化成相反的磁极性。在任一种可选方式中，相反方向的电流提供给绕组将会导致定子极的磁极性反向。

转子优选包括多个永磁体元件，它们沿其内环表面磁极性连续交替。每个转子元件包括一对极，这对极沿平行于转轴方向在气隙处相互对齐，所述极具有相反的磁极性。因此，转子也具有两组轴向间隔开的极，每组极沿轴向布置。转子极组优选地轴向同延，沿轴向与对应的定子极对齐。

本发明的另一个优点归功于转子结构，这种结构可增强沿径向跨越气隙的磁通导引（direction）。例如，每个转子极可以被磁化成在内极面的气隙处表现出一种磁极性，在其外极面表现出相反的磁极性，这样可以集中径向方向的磁通。转子元件之间可以是互相邻近的，并被安装在一个铁磁环形背板上。优选地，转子元件之间不直接接触，进而增强磁路之间隔离。作为替换，每个转子磁性元件还可以包括一个沿径向伸展的导磁部分作为磁性背板，转子元件的每个极被安装在背板的各个轴端面上。在这种结构中，给每个转子元件提供分开的背板部分，而不是连续的磁性环形背板，从而避免漏磁通分布。在任一种实施方式中，提供非铁磁性环形背板来包围转子元件。

在另一种优选实施方式中，每个转子永磁元件在该元件的极部分之间还包括附加的磁体部分，该附加的磁性部分沿轴向引导该元件极部分之间的磁通，因此进一步改善了有效磁通的分布图案。

通过下文的详细说明，本领域的技术人员可以轻易了解本发明的

其它优点，其中仅示出和描述了本发明的优选实施方式，简单示出了实施本发明的最佳设计。正如所理解的，本发明可以有其它不同的实施方式，其各种细节可以在各种明显方面做调整，这些调整都不会偏离本发明。因此，附图和说明目的是显示其本质而不是限制性的。

5

附图说明

本发明通过举例说明而非限制性的，在附图中，相同的附图标记表示相同的元件，其中：

图 1 是根据本发明的电机或发电机的部分三维透视图；

10 图 2 是图 1 中机器的定子铁芯段的透视图，其中线圈缠绕在连接极段的连接部分上；

图 3 是本发明定子铁芯段的透视图，其中线圈缠绕在定子极上；

图 4a 和 4b 分别是本发明的转子透视图，其中沿轴向对齐的极对结构上是分开的；

15 图 5a 和 5b 分别是本发明的转子透视图，其中沿轴向磁化的永磁体位于轴向对齐的转子极对之间；

图 6a-6d 示出的是对应于各种轴向转子磁单元变化情况的各种磁通分布图案；

20 图 7 是根据本发明的发电机截面图，该电机可以应用于例如风力发电机中。

具体实施方式

25 本发明的电机适用于驱动汽车、摩托车、自行车或类似设备的车轮。因此附图示例描述了可以装入车轮中以及定子刚性设置到固定轴上并由转子包围来驱动该车轮的电机结构。然而，要说明的是，上下文中应用了本发明电机的车辆仅仅是多种具体应用中示意性的例子。

30 如图 1 的截面图所示，电机 10 包括利用径向气隙间隔开的环形永磁转子 20 和环形定子结构 30。该定子包括多个铁磁绝缘元件。铁芯段 32，由导磁材料制成并相互间隔开不直接接触，其上具有各自的

绕组 34。转子包括多个永磁体 22，在气隙的周围沿圆周分布并粘附到非磁性的环形背板 24 上，该背板可以由铝或其它非导磁材料制成。由转子磁体产生的磁通分布可以通过在转子背面上设置导磁元件得到进一步的增强。虽然在图 1 中的实施例中并没有示出，但是在其它附图中示出了在转子磁体上有一个额外的环形铁磁背层。

在圆柱环形转子结构中，定子铁芯段通过两个板 42 刚性固定，在附图中仅示出了一个板。每个板是刚性圆形结构，具有外径和在其中心形成内径的圆形剪切部分。该内径的尺寸适于装配固定轴 44，并粘附着与该轴一体的元件 46。沿着板的外围，该板具有孔（未示出），这些孔适当间隔开以与定子铁芯段中的对应通孔 48 相匹配。每个板固定到轴上并相互适当地间隔开，在其轴向侧经由安装孔固定到定子铁芯段上，并且把定子铁芯段夹在中间。因此由定子铁芯段构成了一个环形环，其中这些定子铁芯段是从转子跨过气隙沿轴向方向同延对齐的。

固定轴、板和定子结构都装入壳体 50 中，环形转子背板以及永磁体贴附到该壳体上。壳体是在该板的外侧通过适当的轴衬和轴承枢轴连接（journal）到轴上的。应当了解的是，本领域所熟知的任何适当的方法都可以用来组装各种元件。以车辆为例，壳体可以形成车轮部分，该车轮与转子绕轴旋转。前面描述的板的具体结构仅仅是个示例，因为任何可以将定子部分固定到轴上形成圆环结构的方法都是可以的。

图 2 中更详细的示出了定子铁芯段。铁芯段是个整体的磁体结构，包括两个在轴向利用连接部分 36 结合在一起的极 35，定子线圈 34 绕在该连接部分 36 上。所述极具有锥形形状，其横截面面积沿径向朝着气隙方向是增加的，顶部是扩大的极面表面 37。这种结构使铁芯中的磁通分布最优化，这样可以有最多的磁通直接经过气隙。示出的铁芯几何结构，以及其变化形式，可以采用粉末金属技术，由诸如

Fe、SiFe、SiFeCo 或 SiFeP 的软磁等级粉末材料制成。粉末金属技术可提供灵活的结构设计，这在传统的金属叠片结构中是不具有的。传统上采用叠制铁芯来解决的涡流损耗最小化问题，可以通过根据已知的高电阻的粉末金属材料选择适当的粉末金属材料混合物来解决。

5

定子绕组 34 励磁对铁芯部分 32 磁化产生作用，使极面 37 具有相反的极性。以公知的方式，使电流方向变成相反方向，会使极性反向。使每个极对沿轴向布置，而不是现有设置方式中的绕气隙圆周分布，可以提供两倍数量的定子极，其中每个定子极具有相同的表面面积，因为本发明中的定子极的轴宽要更宽。因此完整的定子包括两组轴向一起延伸的极，这些极彼此是通过铁芯元件的连接部分而轴向间隔开的。

图 3 示出了图 2 中定子铁芯段的变化结构。铁芯段 32 包括线轴形的极部分，每个上缠绕着线圈 34。极部分在气隙处具有扩大的极面表面 37，并在气隙相对的端部处通过相对平的连接部分 36 连接。极部分、极面和连接部分是一体的结构，优选由粉末金属材料形成。极对中的每个极绕相反方向缠线圈以在极面 37 处提供相反的磁极性。两个绕组部分可以根据所需的性能特点进行串联连接或并联连接。绕组部分适当的电连接，这样提供给绕组的励磁电流可以在铁芯段的极上作用形成相反的磁化极性。以公知方式使电流变成相反方向可以使磁极性变成相反的极性。

图 4a 和 4b 更详细的示出了转子 20。图 4a 示出了一种连续磁性的环形背板 25，各个永磁体安装到其上。这些磁体形成了轴向同延磁体 22a 的第一环以及轴向同延磁体 22b 的第二环。每个磁体具有沿径向磁化的南北极，面对气隙的那个表面上的极性同与背板 25 接触的表面上的极性是相反的。每个环上的磁体极性是连续交替的。磁体 22a 与磁体 22b 沿圆周方向同延，相互并排的磁体极性是相反的。虽然不是必须相等，但是磁体 22a 环与磁体 22b 环之间的间隙与定子极对表

面之间的间隙是相关的。每个环中的磁体之间的间隙是一致的，并与相邻定子铁芯元件的极表面之间的间隙相关。各个磁体具有一致的表面面积，其可以与定子极表面面积相关。因此，每个轴向相邻的磁体对 22a 和 22b 可以被认为是一个转子永磁体极对，这个极对与定子铁芯元件极对相互作用使电机旋转。这种相互作用将使气隙中的有效磁通密度显著增加，同时防止背铁中的磁通饱和。

图 4b 示出的结构中，磁性环形背板 25 分割成条带 27。贴附到每个条带上的是轴向布置的永磁体对。条带之间的间隙可以为各个单独永磁体对提供改善的磁通分布。相邻单元之间的杂散磁通的直接损失、干扰或者交叉会最小化，因为每个轴向磁单元在结构上是分离的。

图 5a 和 5b 示出了本发明转子的变化方式。在图 5a 的转子结构中，轴向磁化的永磁体 26 位于轴向布置的转子磁体对 22a 和 22b 之间。磁体 22a 和 22b 的南北极磁化方向是沿径向的。这个结构与图 4a 中的转子区别在于，磁体 22a 和 22b 每一个是与磁体 26 的一端接触的，以形成单独的转子轴向单元，而图 4a 中的磁体 22a 和 22b 是相互分开的。磁体 26 沿轴向磁化以有助于磁体 22a 和 22b 之间的磁通集中。与图 4a 所示相同，磁性环形背板 25 是连续的。在图 5b 的转子结构中，磁性环形背板 25 是分段的。其上安装有转子轴向单元的每个背板条带 27 与相邻条带是分离开的，以改善磁通分布。

图 6a—6d 示出了各种磁通分布图案。图 6a 和 6b 的磁通分布与这样的转子结构相对应，其中永磁体是与非铁磁性的背板 24（未示出）直接接触的。图 6a 示出的是直接安装到非铁磁性背板上的、相反极性的、间隔开的各个永磁体的磁通分布图案。图 6b 示出的是三个磁体轴向单元的磁通分布图案，其中轴向磁化的磁体夹在具有沿径向磁化的相反极性的磁体中间。图 6c 示出了另一种转子结构的磁通分布图案，其中各个相反极性的永磁体相互间隔开并安装到磁性背铁部分上，比如图 4a 和 4b 的结构。图 6d 示出了另一种转子结构磁通分布

图案，其中三个磁体轴向单元安装到背铁部分上，比如图 5a 和 5b 的结构。正如从这些图表中所显示的，三个磁体结构的图案相对于两个分开磁体结构方式而言是有进步的，这两种结构的图案都是利用额外的磁性背铁元件而得到改善的。

5

在这里公开示出和描述的内容仅仅是发明的优选实施方式和关于其功能的很少一部分例子。应该理解的是，本发明可以用于各种其它设备和场合中，并可以在由本文描述的本发明范围内进行改变和调整。例如，本发明的电机可以用于除了车辆驱动之外的更广泛的应用中。尽管在进行车辆驱动中优选的是转子围绕定子，但在其它的应用中采用定子包围转子的方式可能具有有利的效果。因此，每个内部的和外部的环形元件都可以包括定子或转子，也可以包括电磁体组或永磁体组，这都在本发明的原理范围内。

10

15

尽管已经示出了定子铁芯元件的具体几何结构，但应该意识到，本发明的原理包括对这些结构的各种变化方式，因为事实上利用粉末金属技术可以形成任何形状。因此，具体的铁芯结构可以加工成磁通分布所需的形状。

20

另外，各种极表面面积和定子与转子极表面之间的间隙关系根据所需的运行性能调整。例如，元件与元件表面之间的间隙不必是一致的。在前面描述的各种实施方式中，各种转子磁体还可以比所显示的相互分得更开，或者反之形成相互接触。在图 5a 和 5b 中的三个磁体轴向单元结构中，磁体单元可以由单独一体的磁块构成，具有适当内含的磁性图案。

25

从本发明的上述描述中可以知晓，与全部的定子和转子极绕转轴圆周定位并且沿轴向同延的机器相比，定子极的总数和铁磁块、绕组容量以及永磁体数量明显增加。本发明中，沿轴向的定子和转子极之间的径向磁通分布互感的三维延伸范围可为满足高功率需求提供显著

30

的优点。尽管本发明前面已经描述了电机驱动的应用，但所描述的三维结构可在产生电能方面提供相当大的好处。例如，一种这样的应用是风力发电机。

5 图 7 是发电机 100 沿横截面的示意图。类似于图 1—3 中的机器结构，定子包括多个铁磁隔离的铁芯段 32，由导磁材料制成并相互之间不直接接触。示出的绕组 34 形成在各个铁芯段的极上。定子铁芯段绕非磁性圆柱支撑结构 41 沿圆周相互间隔开，这种圆柱支撑结构具有端部 42。铁芯段可以以任何传统方式贴附到支撑结构上。支撑结构
10 42 固定到轴 44 上，该轴可以安装到风力发电塔的顶部。散热片 56 可以包含在定子支撑结构的内部。

 转子壳 50 是枢轴连接的，以绕定子支撑结构 41 借助其端部的轴承 52 旋转。安装到转子壳径向外围内表面上的是背铁元件 27 和永磁体 22，与图 4A—5B 中示出的更详细结构是类似的。安装到转子壳
15 50 外部的是叶片 60。叶片可以是任何传统的设计，因此这里仅仅示出了一部分。可以采用任何数量的均匀间隔开的叶片。

 采用这种机器作为直接驱动的永磁无刷发电机已经可以发出
20 100Kw，而且简易、可靠和成本低廉。可以在具有大约 28 毫欧姆（mohms）的直流相电阻的三相或多相定子绕组中高效率地产生交流电。交流电可以利用适当的桥式整流器整流并滤波，而具有相对小的功率损耗。直流输出可以供给换流器并调整输出适当的电压和频率。

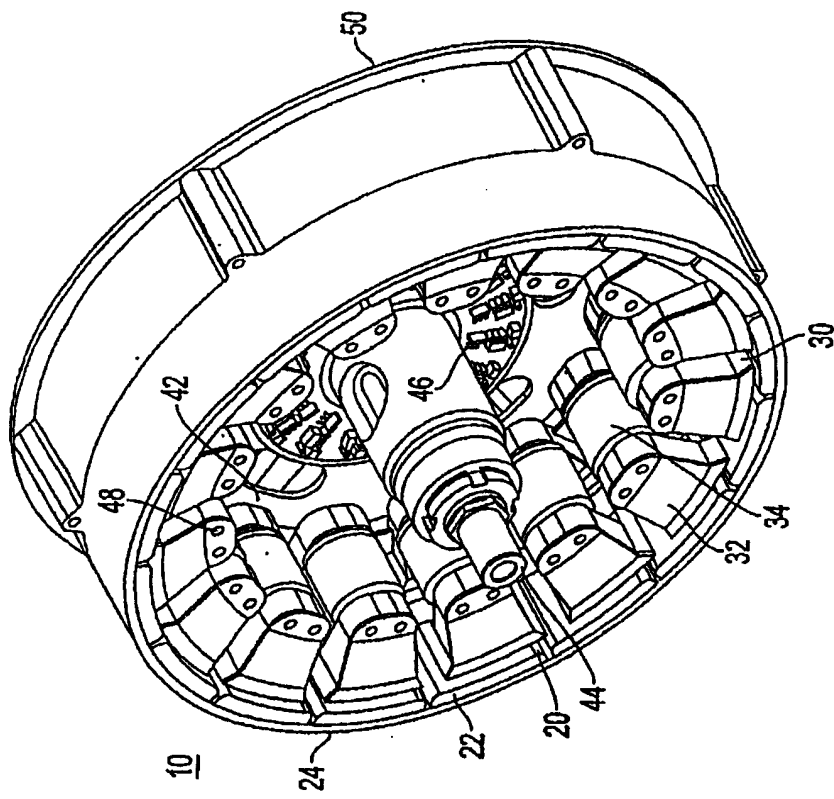


图1

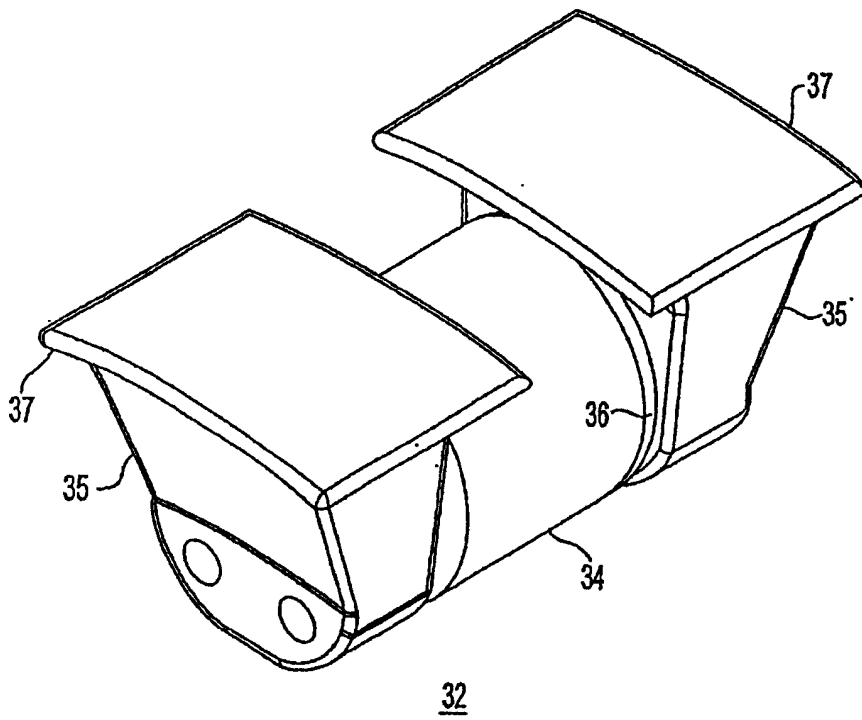


图2

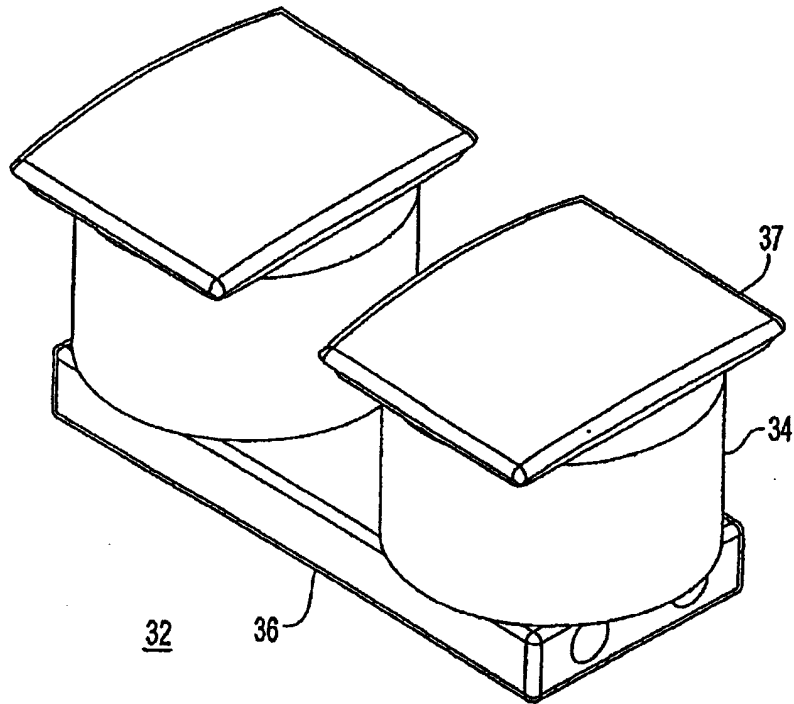


图3

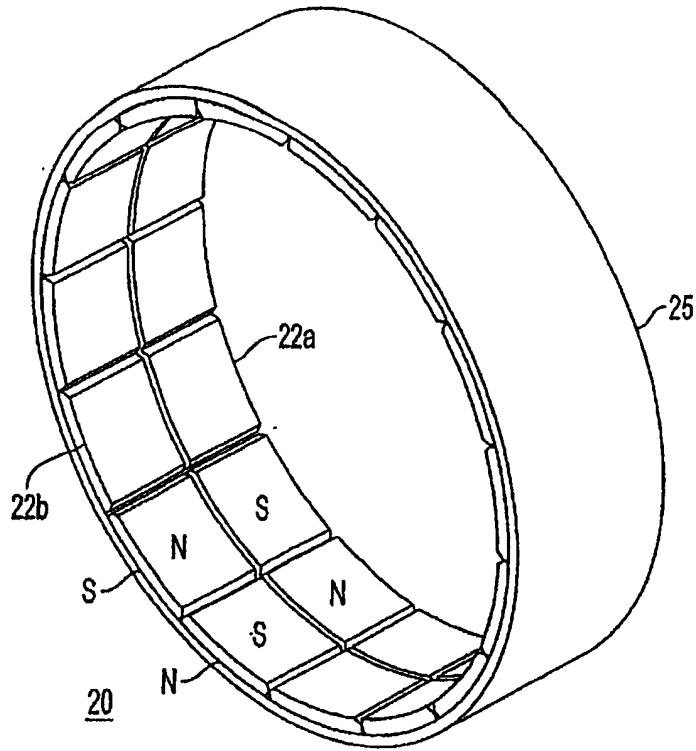


图4A

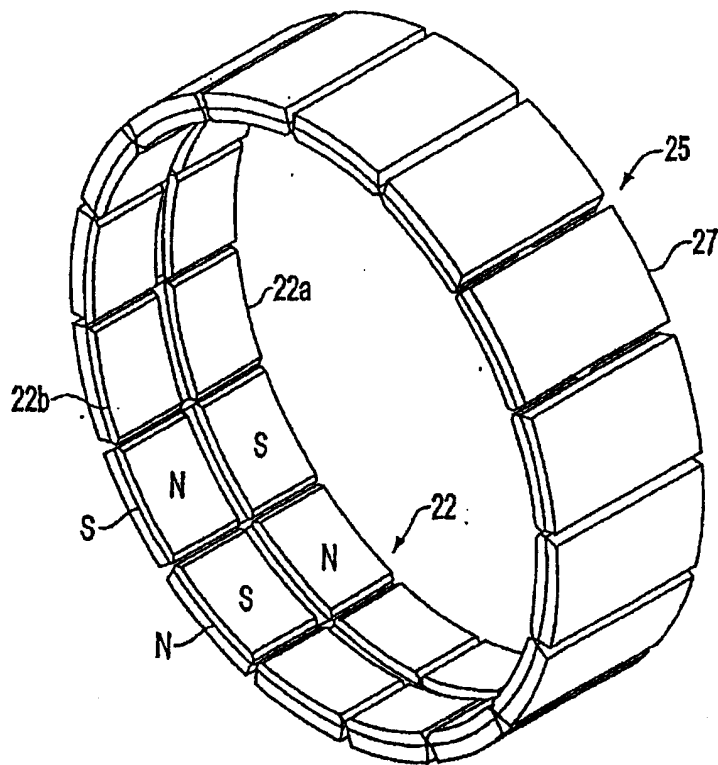


图4B

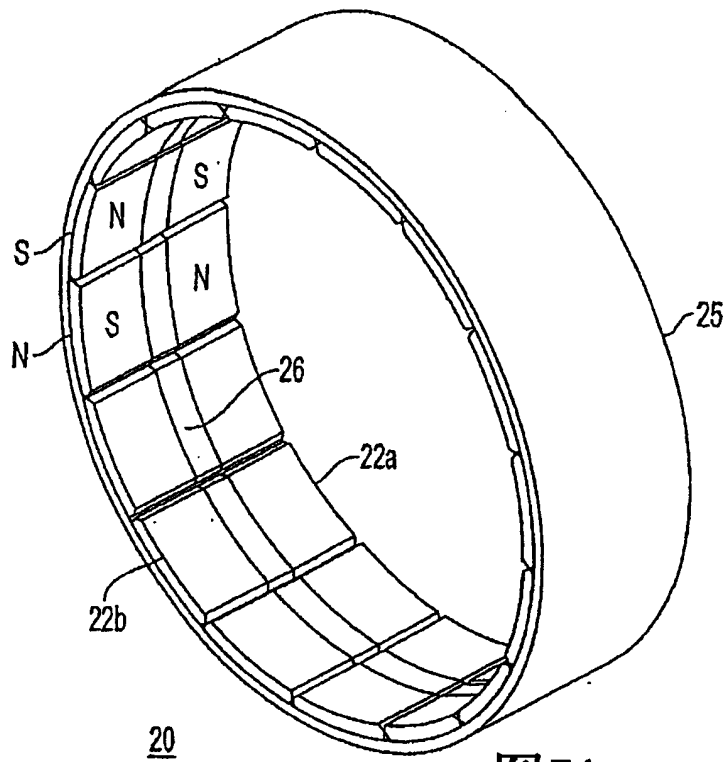


图5A

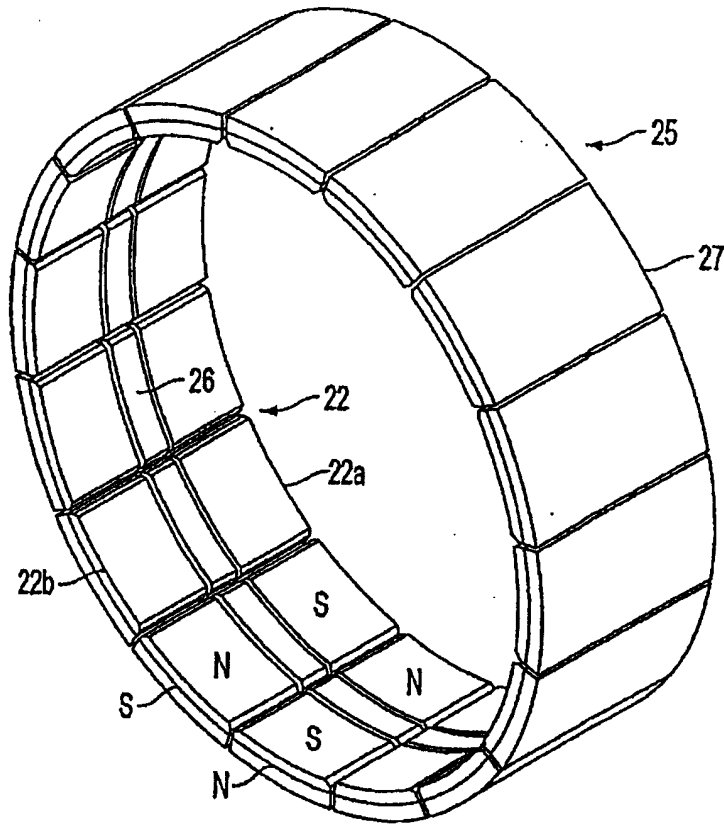


图5B

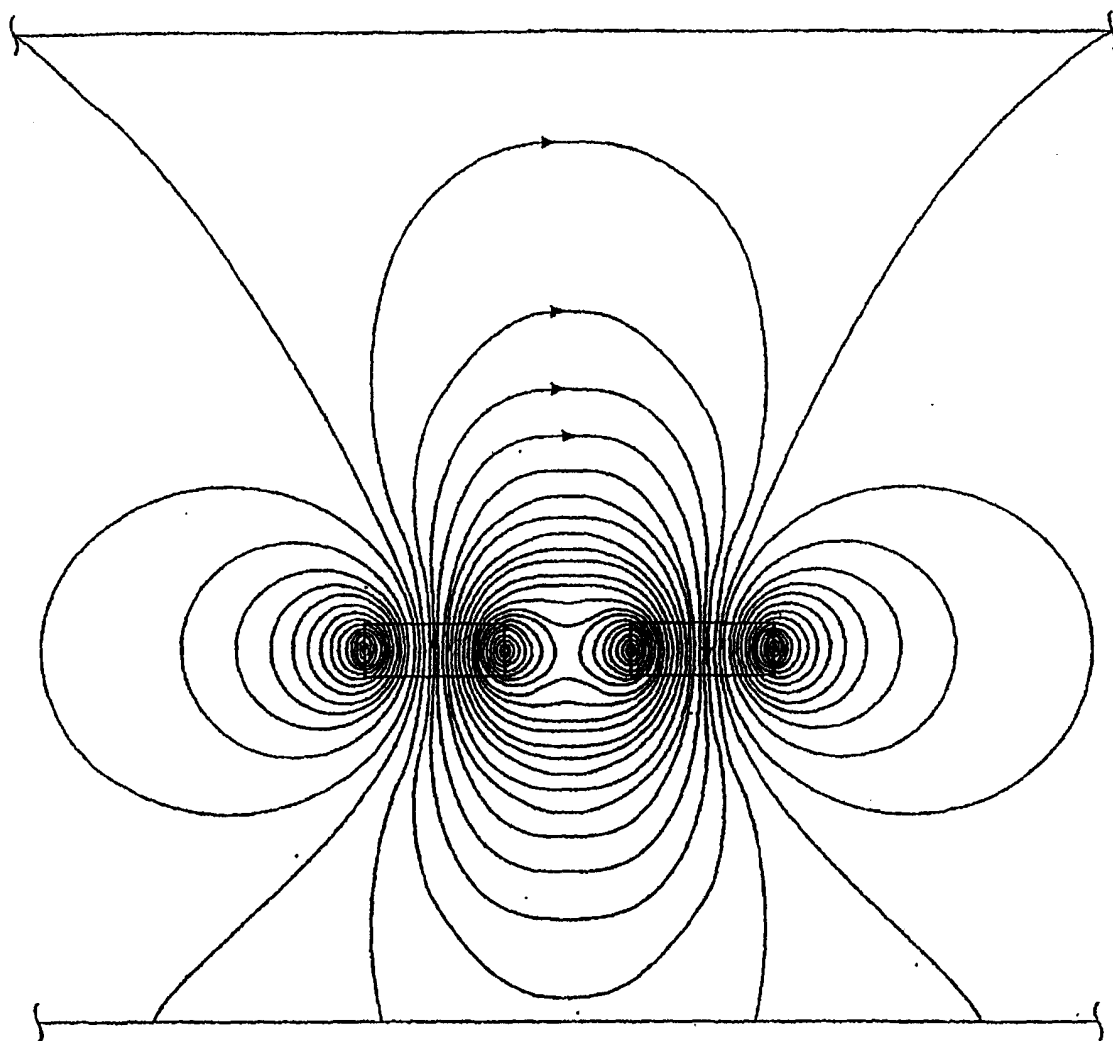


图6A

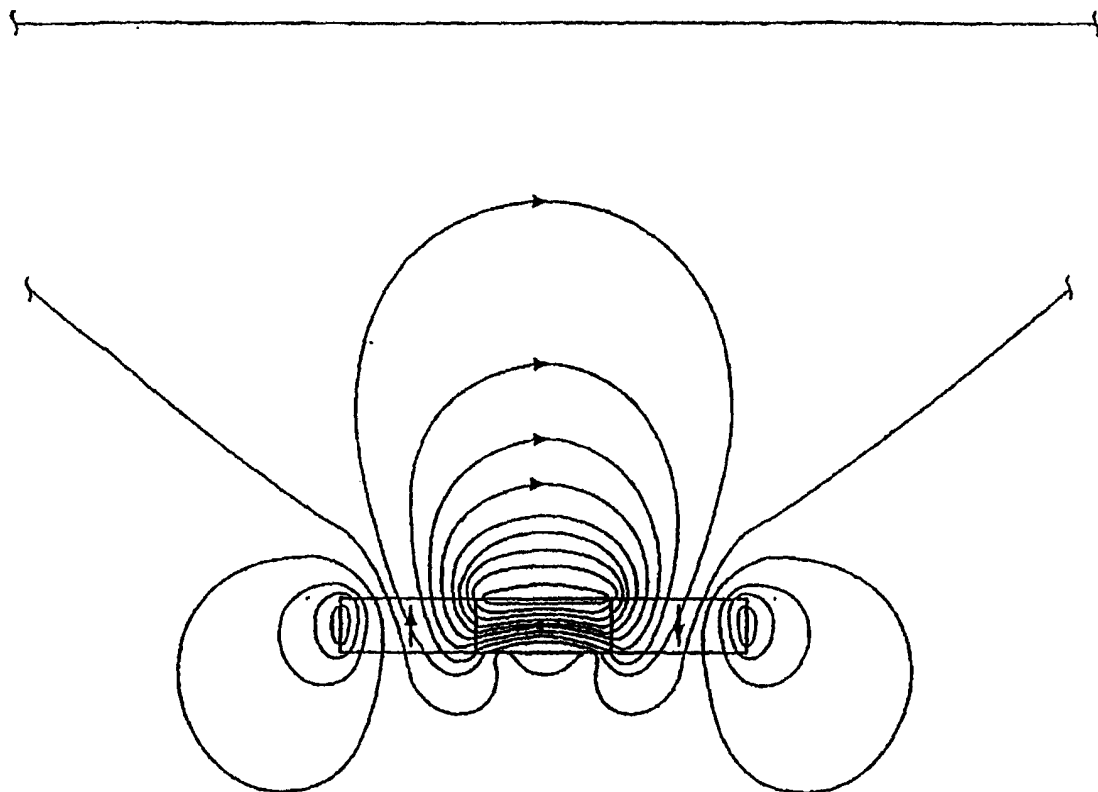


图6B

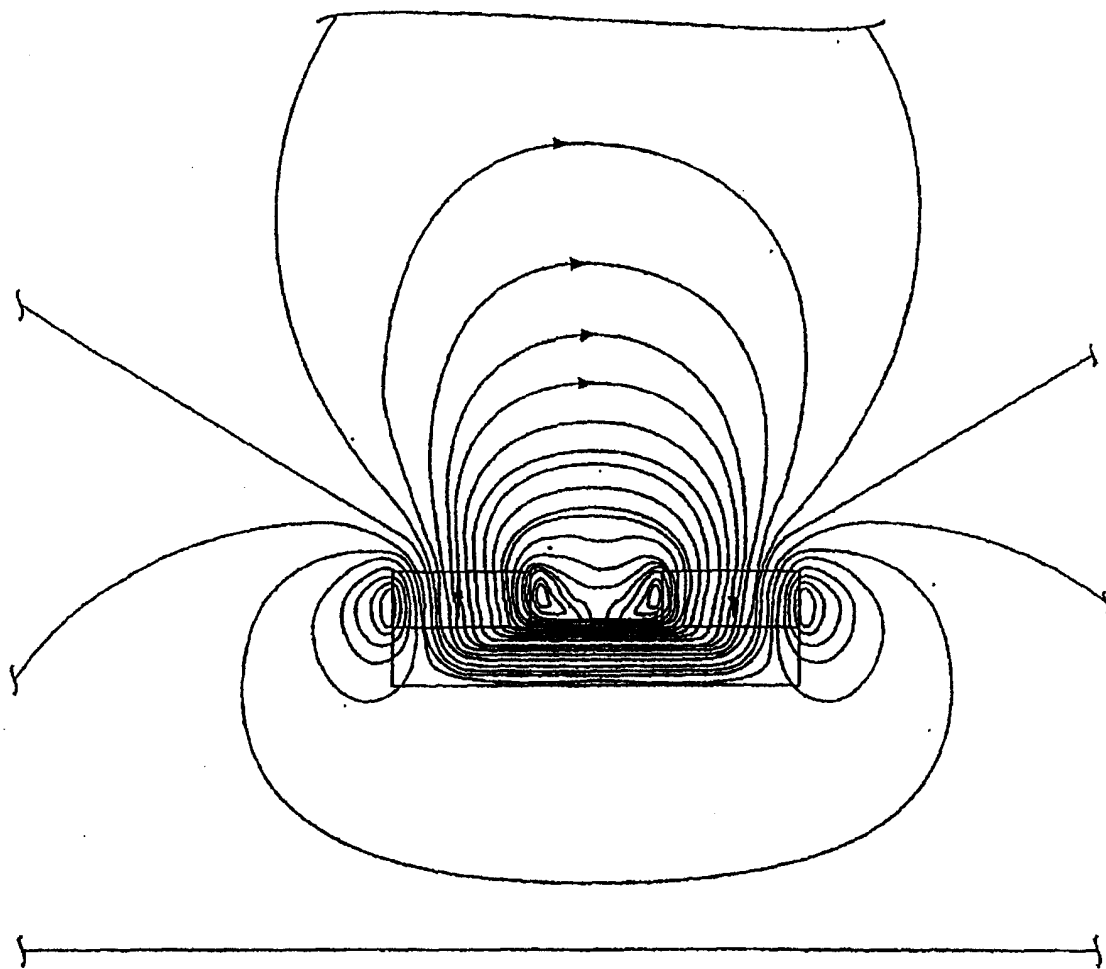


图6C

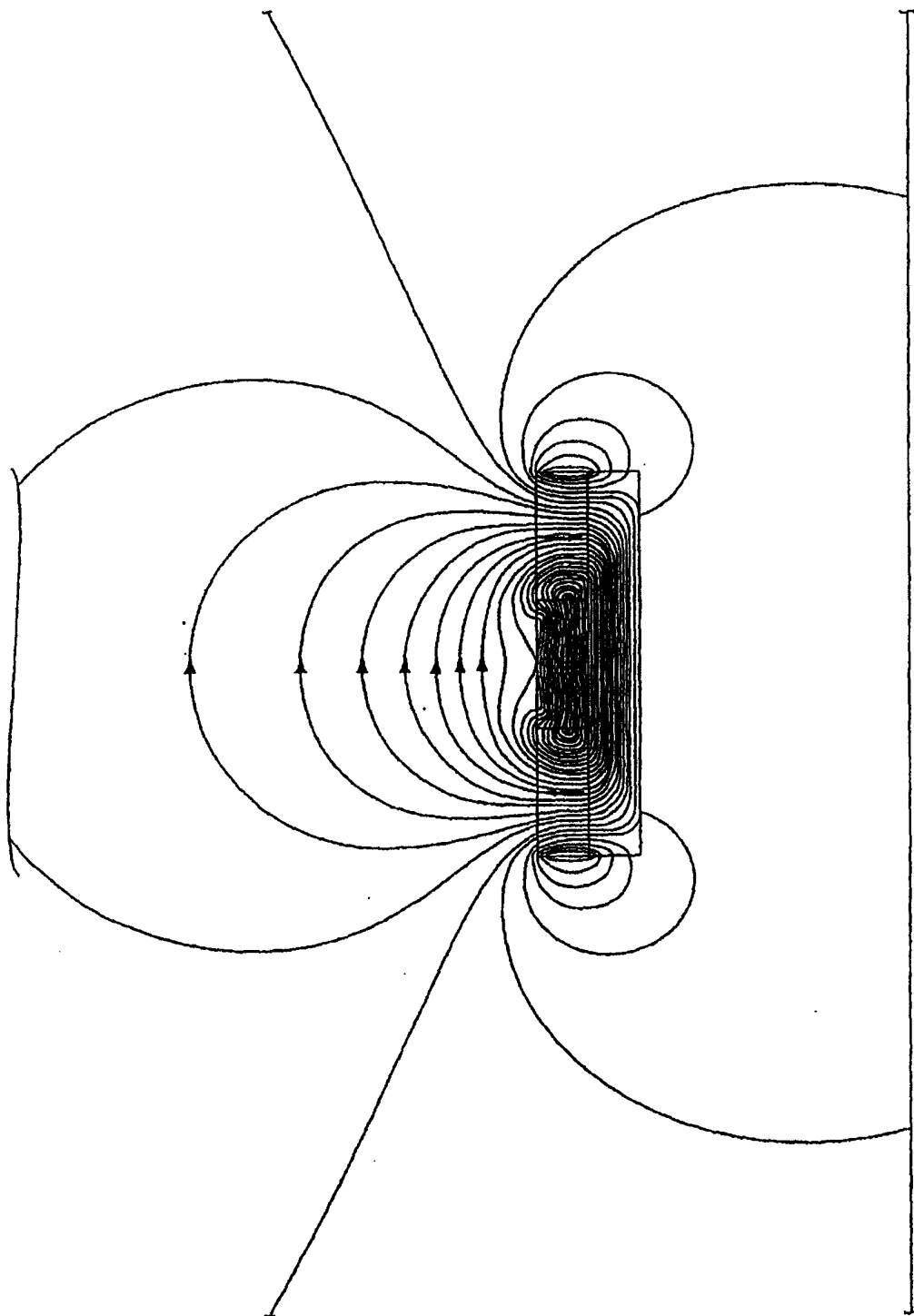


图6D

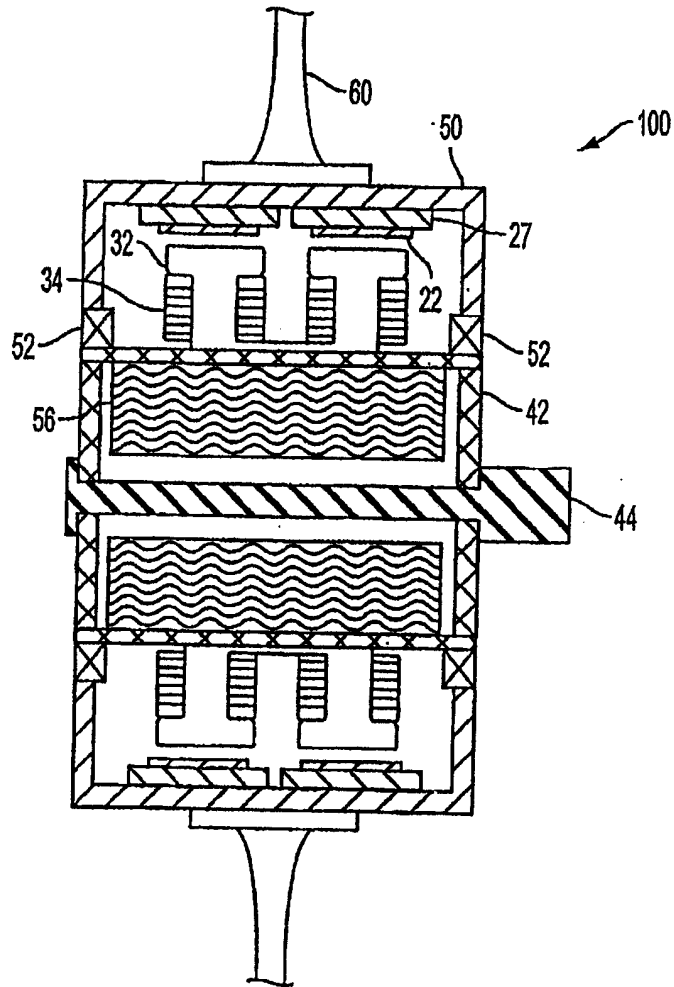


图7