

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H02K 21/46

H02K 1/27



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00810223.6

[45] 授权公告日 2005 年 7 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 1210860C

[22] 申请日 2000.7.13 [21] 申请号 00810223.6

[30] 优先权

[32] 1999.7.16 [33] JP [31] 203080/1999

[32] 1999.7.16 [33] JP [31] 203081/1999

[32] 1999.9.10 [33] JP [31] 257035/1999

[32] 1999.9.27 [33] JP [31] 272391/1999

[32] 2000.6.1 [33] JP [31] 164285/2000

[32] 2000.6.1 [33] JP [31] 164286/2000

[86] 国际申请 PCT/JP2000/004693 2000.7.13

[87] 国际公布 WO2001/006624 英 2001.1.25

[85] 进入国家阶段日期 2002.1.11

[71] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

共同专利权人 松下冷机株式会社

[72] 发明人 佐佐木健治 田村辉雄 吉田三千宽

滝本亨 谷口英之 上坂广幸

审查员 刘平

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

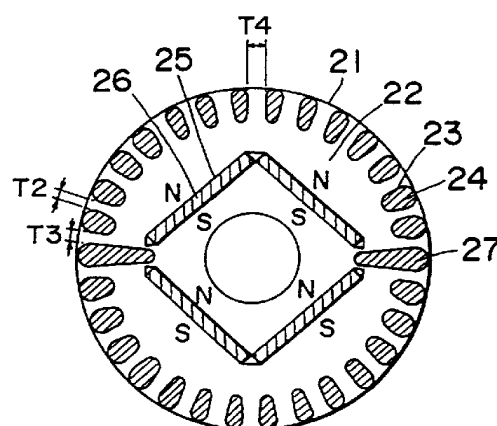
代理人 刘晓峰

权利要求书 1 页 说明书 37 页 附图 20 页

[54] 发明名称 永久磁铁同步电动机

[57] 摘要

一种同步电动机，它包括一个定子，一个转子和永久磁铁。转子包括一个转子铁心并且可以相对定子转动，在转子铁心中有若干容纳在相应长孔内的传导杆。传导杆具有相对的端部，端部由各自的短路环短路以形成一个启动鼠笼式导体。转子在传导杆内侧面的位置上还有若干磁铁保持长孔，永久磁铁插在这些孔中。



ISSN 1008-4274

1. 一种同步电动机，它包括：

5 一个定子，包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；

 一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆容纳在相应的限定在转子铁心外圆周部分上的长孔内，所述传导杆有两个分别被短路环短路的相对端以形成一个启动鼠笼导体，所
10 述转子中限定有若干个磁铁保持孔，磁铁保持孔位于传导杆的一个内侧位置上；和

 永久磁铁，它们插进转子的磁铁保持孔内并且确定转子的磁极；

 相邻的长孔相隔一个称为长孔间隔的距离，在靠近转子磁极一端的位置处的长孔间隔小于靠近转子磁极中点的位置处的长孔间隔。
15 隔。

 2. 根据权利要求 1 所述的同步电动机，其中，选择沿转子转动方向与转子磁极中点隔开的一个位置处的长孔间隔大于沿转子转动方向相反的方向与转子磁极中点隔开的一个位置处的长孔间隔。

20 3. 根据权利要求 1 所述的同步电动机，其中：

 所述长孔在转子磁极中点的径向长度比转子其他位置的径向长度小。

 4. 根据权利要求 1 所述的同步电动机，其中：

 靠近转子磁极一端的长孔中的一个长孔与磁铁保持孔之间的距离小于转子其他位置的长孔与磁铁保持孔之间的距离。
25 离。

 5. 根据权利要求 3 或 4 所述的同步电动机，其中，转子铁心上的长孔和磁铁保持孔之间的距离从靠近转子磁极一端向靠近转子磁极中点逐渐增大。

永久磁铁同步电动机

5

技术领域

本发明通常涉及一种永久磁铁同步电动机，尤其涉及通常用在制冷系统或空调系统或任何其他工业用电装置的电动压缩机中的同步电动机。

10

背景技术

自动启动永久磁铁同步电动机可以作为一个感应电动机运行也可以作为一个同步电动机运行，作为感应电动机时启动归因于一个起动鼠笼式导体，作为同步电动机时，永久磁铁产生的转动磁极被定子线圈形成的转动磁场带动，并且以转子所能到达的近似同步速度转动。该同步电动机具有优良的恒定速度运行性能和优良的高效率。迄今尤其是已经对同步电动机的转子结构做过各种改进。

例如，日本专利公开号 59-23179 和 63-20105 公开了自启动永久磁铁同步电动机的现有转子结构。

20

图 6 示出日本专利公开号 59-23179 公开的现有技术。参考图 6，参考数字 1 表示转子，参考数字 2 表示在外圆周附近设置有若干个长孔 3 的转子铁心。传导杆 4 放在长孔 3 内，使其两端被各自的短路环短路，由此形成一个启动鼠笼式导体。短路环（未示）由一个环形导电材料制成，布置在转子铁心轴向两端，并由传导杆 4 连接。在传导杆 4 的内侧上设有若干个磁铁保持孔 5，其中插有相应永久磁铁 6。参考数字 7 表示磁通量短路预防孔，与磁铁保持孔 5 间隔很短的距离 P，这样可以在磁铁保持孔 5 和长孔 7 之间产生磁饱和，由此防止永久磁铁发出的磁通量在不同磁极之间发生短路。

25

图 58 是日本专利公开号 63-20105 中公开的现有技术中的自启动同步电动机中使用的转子的纵向横截面图，图 59 是沿图 58 中的 A-A 线的

30

横截面图。参考图 58 和 59，参考数字 11 表示转子，参考数字 12 是由电磁钢板叠层制成的转子铁心。参考数字 13 表示传导杆，传导杆有与各个短路环 14 连接的两端从而构成一个启动鼠笼式导体。参考数字 15 表示插进转子铁心内的永久磁铁，构成四个转子磁极。参考数字 16 表示磁通量短路预防长孔，每个长孔用来防止相邻不同极性的永久磁铁之间的磁通量短路。参考数字 17 表示一个端板，用螺钉固定在转子铁心 2 的轴向两端上，以避免永久磁铁 5 与转子铁心 2 出现任何可能的分离。

当采用带有鼠笼式导体的那种现有技术的永久磁铁时，由于传导杆和永久磁铁是用做转动的驱动元件，因此如果传导杆和永久磁铁彼此相对位置不正确，那么导杆产生的力和永久磁铁产生的力彼此相反，从而不能实现有效的转动驱动。另外，配有这种鼠笼式导体的永久磁铁需要的制造步骤既复杂又多，因为永久磁铁和传导杆是设在转子内的。

考虑到前面所述的内容，本发明旨在解决现有永久磁铁同步电动机中存在的固有问题，并且提高效率和简化采用该永久磁铁的同步电动机的制造步骤。

发明内容

为此，根据本发明的第一个方面，提供一种同步电动机，它包括一个定子，一个转子和永久磁铁，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆容纳在相应的限定在转子铁心一个外圆周部分上的长孔内，所述传导杆有两个分别被各自短路环短路的相对端以形成一个启动鼠笼式导体，所述转子中限定有若干个磁铁保持孔，磁铁保持孔位于传导杆的内侧位置上，永久磁铁插进转子的磁铁保持孔内并且确定转子的磁极。在这种同步电动机中，相邻的长孔相隔一个称为长孔间隔的距离，在靠近转子磁极一端的位置处的长孔间隔小于靠近转子磁极中点位置处的长孔间隔。

根据本发明的第一个方面，永久磁铁发射的磁通量几乎不会泄露到靠近转子磁极两端位置处的转子外周上，而是泄露到靠近转子磁极中点

位置处的转子外周上。为此，定子和转子间的空气间隙中的磁通量分布特性呈现为梯形或正弦波形，从而与矩形波形相比，单位时间内磁通量的变化量增加，所以穿过定子线圈的感应电压增加，从而增强了转子磁极的强度。因此，在本发明的实施中，既不需要增加永久磁铁的尺寸，

5 又不需要永久磁铁具有像现有技术要求的那样高的残留磁通量密度，就可以保证产生需要的感应电压，因此可以提供性能高并且造价低的自动启动同步电动机，该电动机具有需要的不同步扭矩和高效率。

如果选择从转子磁极的中点沿转子转动方向相距的一个位置处的长孔间距大于从转子磁极的中点沿与转子转动方向相反的方向相距的一个位置处的长孔间距，尽管加载运行期间，定子线圈的磁通量与永久磁铁的磁通量的合成磁通量在转子表面上分布的最大值相对于转子磁极中点

10 位于与转动方向一致的一侧，由于在该位置的磁通量穿过的转子长孔间距较大，所以可以防止该位置的磁饱和。因此，磁铁发射的磁通量可以被转子充分获取，因此可以抑制穿过定子线圈的电流，从而提高电动机的效率。

15

根据第二个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆

20 容纳在相应的限定在转子铁心一个外圆周部分上的长孔内，所述传导杆有两个分别被短路环短路的相对端以形成一个启动鼠笼导体，所述转子中限定有若干个磁铁保持孔，磁铁保持孔位于传导杆的一个内侧位置上；以及永久磁铁，它们插进转子的磁铁保持孔内并且确定转子的磁极。在该同步电动机中，长孔在转子磁极中点的径向长度比较小，靠近转子

25 磁极一端的一个长孔与磁铁保持孔之间的距离小于转子其他位置的长孔与磁铁保持孔之间的距离。

根据本发明的第二个方面，永久磁铁发射的磁通量几乎不会泄露到靠近转子磁极两端位置处的转子的外周上，而是泄露到靠近转子磁极中点位置处的转子的外周上。为此，定子和转子间的空气间隙中的磁通量

30 分布特性呈现为梯形或正弦波形，从而与矩形波形相比，单位时间内磁

通量的变化量增加，所以穿过定子线圈的感应电压增加，从而增强了转子磁极的强度。因此，在本发明的实施中，既不增加永久磁铁的尺寸，又不需要永久磁铁具有像现有技术要求的那样高的残留磁通量密度，就可以保证产生需要的感应电压，因此可以提供性能高并且造价低的自动
5 启动同步电动机，该电动机具有需要的不同步扭矩和高效率。

转子铁心中的长孔和磁铁保持孔之间的距离最好从靠近转子磁极一端向靠近转子磁极中点逐渐增大。

根据第三个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个
10 内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆容纳在相应的限定在转子铁心一个外圆周部分上的长孔内，所述传导杆有两个分别被短路环短路的相对端以形成一个启动鼠笼导体，所述转子中限定有若干个磁铁保持孔，磁铁保持孔位于传导杆的一个内侧位置
15 上；以及永久磁铁，它们插进转子的磁铁保持孔内并且确定两个不同极性的磁极。在该同步电动机中，短路环有一个位于相应磁铁保持孔外部的内径，选择靠近磁极一端的短路环的内径大于靠近磁极中间点附近的内径。

根据这种结构，可以增加永久磁铁的宽度，因此，不需要增加永久
20 磁铁的轴向长度，就可以保证需要的永久磁铁的磁极表面积。因此不需要碾压转子铁心的厚度，由此降低了成本。

插有永久磁铁的一侧上的短路环的内径可以位于转子铁心的磁铁保持孔外部，在这种情况下，选择靠近磁极一端的一个短路环内径的尺寸大于靠近磁极中间点的短路环内径的尺寸，和其他短路环的内径尺寸位
25 于整个或者部分磁铁保持孔的内部。在这种结构中，一个用非磁化板制成的端板位于该其他短路环和转子铁心之间，以便盖住磁铁保持孔。

这种结构的突出优点在于，不但不需要增加转子铁心叠层的厚度，而且增加了其他短路环的横截面积，从而减小了阻力，因此转子在最大扭矩时的转数增加，转子在启动之后的周期内可以获得同步转速，由此
30 提高电动机的启动性能。

插有永久磁铁的一侧上的短路环的内径也最好位于转子铁心的磁铁保持孔外部，选择靠近磁极一端的一个短路环的内径尺寸大于靠近磁极中间点的短路环内径的尺寸，由此其他短路环的内径尺寸位于整个或者部分磁铁保持孔的内部。然而，在这种情况下，靠近其他短路环的转子铁心的一个或若干个电磁钢板上没有磁铁保持孔。

插有永久磁铁的一侧上的短路环的内径具有沿转子铁心上的磁铁保持孔延伸的形状。

这里的定子铁心由电磁钢板定子层组成，转子铁心也由电磁钢板转子层组成，定子层的厚度约等于转子层的厚度。

根据第四个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组并且也有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心并且当面对定子铁心内圆周面时可转动地容纳在其中，转子铁心是由若干块电磁钢板转子叠片形成，所述转子铁心包括设有磁铁保持孔的一个磁铁保持部件，一个防止磁通量短路部件，该防止磁通量短路部分与磁铁保持部分配合并且设有与磁铁保持孔连通的防止磁通量短路孔，和一个转子外端部，转子外端部与防止磁通量短路部分配合并且设有与防止磁通量短路孔连通；以及永久磁铁，它们插进转子的磁铁保持孔内并且确定转子的磁极。在该结构中，防止磁通量短路孔小于磁通量保持孔，以便通过使永久磁铁保持与防止磁通量短路孔的外边缘配合，永久磁铁就可以被轴向定位。

这种结构的优点在于永久磁铁的轴向位置根据转子铁心而定。因此，装配需要的成本和部件数量都可减少。

根据第五个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心并且当面对定子铁心内圆周面时可转动地容纳在其中，转子铁心是由若干块电磁钢板转子叠片形成，所述转子铁心包括设有磁铁保持孔的一个磁铁保持部件，和一个永久磁铁支撑部，它与磁铁保持部配合并且靠近磁铁保持孔；以及永久磁铁，它们插进转子的磁铁保持孔内并且确定转子的磁极。通过永久磁铁支撑部使永久磁铁被轴向定位。

这种结构的优点在于可以根据转子铁心确定永久磁铁的轴向位置，从而可以降低装配和部件所需要的成本。

根据第五个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心并且当面对定子铁心内圆周面时可转动地容纳在其中，转子铁心是由若干块电磁钢板转子叠片形成，所述转子铁心包括设有磁铁保持孔的一个磁铁保持部件，和一个永久磁铁支撑部，它与磁铁保持部配合并且靠近磁铁保持孔；以及永久磁铁，它们插进转子的磁铁保持孔内并且确定转子的磁极。通过永久磁铁支撑部使永久磁铁被轴向定位。

这种结构的优点在于，可以仅根据转子铁心来确定永久磁铁的轴向位置，并且由于磁铁保持孔的一端可以被转子铁心板覆盖，因此用固定到磁铁保持孔两端的端板将磁铁保持孔封闭是有效的，允许仅使用一块端板将磁铁保持孔的两端盖住。

转子铁心的一个外端可以与永久磁铁支撑部配合，并且设有位于磁铁保持孔轴向的孔。在这种情况下，可以增加在永久磁铁的轴向两端的N和S极之间磁路的磁阻从而减小磁通量的泄露，结果提高了电动机的特性。

最好，可以将转子铁心中的启动鼠笼式导体用于根据本发明第五个方面的同步电动机。

根据第六个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心并且当面对定子铁心内圆周面时可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆位于转子铁心一个外圆周附近，和位于转子铁心轴向两个相对端的短路环，由压铸铝方式一起成型的所述传导杆和短路环形成一个启动鼠笼导体，所述转子铁心内限定有若干个磁铁保持孔；以及永久磁铁，它们插进传导杆的内侧上的磁铁保持孔内，在靠近转子轴向一端的一个位置上的所述磁铁保持孔在转子铁心径向的宽度大于转子轴向向内的一个位置上的磁铁保持孔的宽度。

根据这种结构，压铸铝冷却之后，当短路环产生收缩压迫，在转子铁心端面上有收缩作用，永久磁铁和磁铁保持孔之间的间隙可以维持在一个恰当的值，因此可以容易地将永久磁铁插进磁铁保持孔内，从而确保电动机高的特性。

- 5 其中在转子轴向两端中的磁铁保持孔的径向宽度大于转子轴向内部一个位置上的磁铁保持孔的径向宽度，并且还包括一块电磁钢板，它设置在转子轴向两端中外部的一端上，用来覆盖磁铁保持孔，仅用一块端板就足够，因此需要的端板和装配步骤数量均有利地减小。

- 10 还有，这里，在转子轴向两端中的一端上的磁铁保持孔的径向宽度大于转子轴向内部的一个位置上的磁铁保持孔的径向宽度，其中转子轴向两端中的另一端不设置任何用来覆盖转子轴向的向内位置的磁铁保持孔的磁铁保持孔，不但只用一块端板就足够，而且构成转子铁心的组合电磁钢板数量最小，因此有利于制造高性能的电动机。

- 根据第七个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，
15 定子包括一个定子铁心，定子铁心上有线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心并且当面对定子铁心内圆周面时可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆位于转子铁心一个外圆周附近，和位于转子铁心轴向两个相对端的短路环，由压铸铝方式一起成型的所述传导杆和短路环形成一个启动鼠笼导体，
20 所述转子中限定有若干个磁铁保持孔；以及永久磁铁，它们插进位于传导杆内侧上的转子磁铁保持孔内。转子铁心由电磁钢板叠层形成，并且包括一个缠绕部，缠绕部设置在磁铁保持孔附近帮助电磁钢板的层压，邻近缠绕部的磁铁保持孔的径向宽度向着缠绕部方向有一定的放大。

- 根据这种结构，尽管当利用任何已知的压力加工形成缠绕部时，在
25 压力的影响下，靠近缠绕部的电磁钢板部分突出，永久磁铁和磁铁保持孔之间的间隙保持一个恰当值，从而有利于插入永久磁铁，还可以提供高性能的电动机特性。

- 根据第八个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有一个线圈绕组，所述定子铁心有
30 一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁

心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆位于转子铁心一个外圆周附近，和位于转子铁心轴向两个相对端的短路环，由压铸铝方式一起成型的所述传导杆和短路环形成一个启动鼠笼导体，所述转子铁心中限定有若干个磁铁保持孔；以及永久磁铁，
5 它们插进传导杆内侧一个位置的转子磁铁保持孔内。转子铁心在轴向限定有传导杆孔并且位于磁铁保持孔的内侧，传导杆孔与启动鼠笼式导体同时填充压铸铝。传导杆从转子铁心的一个轴端向外伸出一个距离，以形成各个用来固定端板的突出部分。端板由非磁化材料制成并且固定到转子铁心的端部。

10 这种结构的有利之处在于，用压铸铝技术将启动鼠笼式导体和用来固定端板的突出部同时制成后，将突出部插进端板上的配合孔内，将突出部的各个顶部铆接或夹紧，结构使端板牢牢地连接到转子铁心的端面上，因此不需要使用任何螺钉，端板就可以容易地固定到转子铁心的端面上。这降低了材料成本并且有利于电动机的装配。

15 布置在转子铁心轴端的端板部分地或全部地被相应的短路环覆盖，这种情况下，将端板连接到转子铁心端面上的工作只要在转子铁心的一侧进行就足够了。

覆盖有短路环的端板设有可以嵌入转子铁心各个孔中的突出部分，这样端板容易定位。另外，压铸铝期间在融化的高压铝流的影响下，
20 可以消除端板脱离正确位置的可能性。

在转子铁心的一个轴端的一个或若干个电磁钢板可以不设任何磁铁保持孔，这种情况下，在转子铁心的相对轴端只需要一块端板就足够，由此减少了材料成本和装配步骤。

另外，突出部可以设在一个该不设任何磁铁保持孔的电磁钢板与永久磁铁接触的位置，以便向永久磁铁突出。在这种情况下，永久磁铁
25 可以通过仅与突出部配合而轴向定位，因此，大大减少穿过电磁钢板的在永久磁铁不同磁极之间短路的磁通量，由此提高了电动机的性能。

根据第九个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有一个线圈绕组，所述定子铁心
30 有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁

心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆位于转子铁心一个外圆周附近，和位于转子铁心轴向两个相对端的短路环，由压铸铝方式一起成型的所述传导杆和短路环形成一个启动鼠笼导体，所述转子铁心中限定有若干个磁铁保持孔；其中一个短路环有一个带凹槽的内圆周；插进在传导杆内侧的转子的磁铁保持孔内的永久磁铁；和一个端板，由非磁化材料制成并且有一个带突出部分的外周，突出部分与短路环内的凹槽形状互补，短路环中的每一个凹槽的周边部分被轴向压迫变形，由此将端板固定到转子铁心的一个轴端，使端板上的突出部分容纳在对应的短路环凹槽内。

10 这样，将突出部与短路环中的相应凹槽对齐并插进去从而将端板安装到短路环上之后，压迫各个短路环凹槽的周边使之变形，结果使端板固定到转子铁心的端面上，从而帮助固定端板。

根据第十方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，定子包括一个定子铁心，定子铁心上有一个线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆位于转子铁心一个外圆周附近，和位于转子铁心轴向两个相对端的短路环，由压铸铝方式一起成型的所述传导杆和短路环形成一个启动鼠笼导体，所述转子铁心中限定有若干个磁铁保持孔，其中一个短路环有一个带凹槽的内周面；插进在传导杆内侧的转子的磁铁保持孔内的永久磁铁；所述磁铁保持孔允许永久磁铁，当插进去时以便以 V 形结构端对端地衔接起来以形成一个单个磁极，并且在永久磁铁的一个端面和磁铁保持孔的一端的一个内面之间限定有一个空气间隔，用来防止磁通量短路，在容纳不同磁极的相邻永久磁铁的磁铁保持孔之间限定有防止磁通量短路的屏障长孔，第一桥部设置在磁铁保持孔和屏障长孔之间以便夹住屏障长孔，第二桥部设置在相同极性的相邻永久磁铁与对应磁铁保持孔之间，所述第二桥部在转子的中心附近狭窄，在转子外圆周较大。

30 这种结构的好处是，不但避免永久磁铁端面的不同磁极之间的磁通量短路从而提高电动机性能，而且减少了在转子磁极中心的转子铁心外直径的收缩力，这样在压铸铝后使短路环的径向收缩非常小，这是因为

桥部的强度得到提高。因此，仅仅利用任何已知压力加工手段将转子铁心的电磁钢板而且不需要研磨转子铁心外径，就可以实际获得定子铁心内径和转子铁心外径之间的间隙大小，从而减少装配步骤。

根据第十一个方面的本发明提供一种同步电动机，它包括一个定子，
5 定子包括一个定子铁心，定子铁心上有一个线圈绕组，所述定子铁心有一个内圆周面；一个转子，转子包括一个转子铁心，并且当面对定子铁心内圆周面时是可转动地容纳在其中，所述转子包括若干个传导杆，传导杆位于转子铁心一个外圆周附近，和位于转子铁心轴向两个相对端的短路环，由压铸铝方式一起成型的所述传导杆和短路环形成一个启动鼠
10 笼导体，所述转子铁心中限定有若干个磁铁保持孔，其中一个短路环有一个带凹槽的内周面；永久磁铁插进在传导杆内侧的转子的磁铁保持孔内，以提供两个磁极；所述转子铁心从转子长度的轴向两端向中间增加，使它基本呈现椭圆形状，用压铸铝方式形成启动鼠笼式导体后，装上永久磁铁。

15 根据这种结构，即使压铸铝后，转子铁心外直径向转子磁极中心的径向收缩张力增加，收缩之后的转子铁心外直径也可以保持成圆形，因此，仅仅利用任何已知压力加工手段将转子铁心的电磁钢板而且不需要研磨转子铁心外径，就可以实际获得定子铁心内径和转子铁心外径之间的间隙大小，从而减少装配步骤。另外，由于在永久磁铁与端板还没有
20 装配起来之前就进行压铸铝操作，所以该操作容易进行而不会损坏任何部件，从而提高了产量。

这里，永久磁铁是采用稀土磁铁的形式，因此可以获得强的磁力，并且可以生产出尺寸小、重量轻的转子和电动机。

25 附图说明

从下面参考附图的最佳实施例的描述中可以更容易理解本发明，其中同样的部件用同样参考数字表示，其中：

图 1 是根据本发明第一最佳实施例的用于同步电动机的转子的横截面图；

30 图 2 是表示定子和转子之间的间隙中的磁通量密度分布特性图表；

图 3 是根据本发明第二最佳实施例的用于同步电动机的转子的横截面图；

图 4 是根据本发明第三最佳实施例的用于同步电动机的转子的横截面图；

5 图 5 是根据本发明第四最佳实施例的用于同步电动机的转子的横截面图；

图 6 是用于一种采用永久磁铁的现有技术自动启动同步电动机的转子的横截面图；

图 7 是现有技术自动启动同步电动机的定子和转子间隙中的磁通量
10 密度特性图表；该特性呈现为一种矩形波形；

图 8 是表现为梯形波形的磁通量密度分布图表；

图 9 是磁通量密度分布特性为矩形波形时的磁通量和时间关系图表；

图 10 是磁通量密度分布特性为梯形波形时的磁通量和时间关系图表；

15 图 11 是磁通量密度分布特性为矩形波形时的感应电压和时间的关系图表；

图 12 是磁通量密度分布特性为梯形波形时的感应电压和时间关系图表；

图 13 是磁通量密度分布特性为梯形波形时的感应电压 versus 角 α 的
20 图表；

图 14 是根据本发明第五最佳实施例的利用永久磁铁的自动启动同步电动机的纵向截面图；

图 15 是图 14 中的同步电动机使用的转子的横截面图；

图 16 是转子的一个端板的平面图；

25 图 17 是转子的端视图；

图 18 是根据本发明第六最佳实施例的自动启动同步电动机的纵向截面图；

图 19 是用于图 18 的同步电动机的转子的端视图；

图 20 是根据本发明第七最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机
30 的纵向截面图；

图 21 是设在图 20 中的同步电动机采用的转子铁心一端的电磁钢板的端视图；

图 22 是用于图 20 的同步电动机的转子的端视图；

图 23 是根据本发明第八最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机的纵向截面图；

图 24 是根据本发明第九最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机的纵向截面图；

图 25 是现有技术的转子的横截面图；

图 26 是用于根据本发明第十最佳实施例的同步电动机的转子的纵向截面图；

图 27 是转子铁板 E 的平面图；

图 28 是转子铁板 F 的平面图；

图 29 是用于根据本发明第十一最佳实施例的同步电动机的转子的纵向截面图；

图 30 是转子铁板 G 的平面图；

图 31 是根据本发明第十二最佳实施例的用于同步电动机的转子的纵向截面图；

图 32 是根据本发明第十三最佳实施例的用于同步电动机的转子的纵向截面图；

图 33 是转子铁板 H 的平面图；

图 34 是转子铁板 I 的平面图；

图 35 是根据本发明第十四最佳实施例的用于自动启动永久磁铁同步电动机的转子的纵向截面图；

图 36 是用于图 35 的同步电动机转子铁心中的电磁钢板 J 的平面图；

图 37 是在图 35 的同步电动机的转子铁心两端的电磁钢板 K 的平面图；

图 38 是根据本发明第十五最佳实施例的利用永久磁铁的自动启动同步电动机所使用的转子的纵向截面图；

图 39 是位于图 38 的同步电动机的转子铁心的一个端面的电磁钢板 L 的平面图；

图 40 是根据本发明第十六最佳实施例的用于自动启动永久磁铁同步电动机的转子的纵向截面图;

图 41 是根据本发明第十七最佳实施例的用于自动启动永久磁铁同步电动机的转子的纵向截面图;

5 图 42 是示于图 41 中的同步电动机的一个端视图;

图 43 是根据本发明第十八最佳实施例的用于自动启动永久磁铁同步电动机的转子的电磁钢板的纵向截面图;

图 44 是从与图 43 的同步电动机中的叠层方向一致的方向看过去的
一个缠绕部分的部分放大截面图;

10 图 45 是根据本发明第十九最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机的纵向截面图;

图 46 是图 45 所示同步电动机采用的转子的横截面图;

图 47 是图 45 所示同步电动机采用的端板的平面图;

图 48 是根据本发明第二十最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机
15 的纵向截面图;

图 49 是图 48 所示的同步电动机采用的端板的平面图;

图 50 是沿图 49 中 C-C' 线的横截面图;

图 51 是根据本发明第二十一最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机
的纵向截面图;

20 图 52 是位于图 51 所示的同步电动机的转子铁心的端部的电磁钢板的平面图;

图 53 是位于根据本发明第二十二最佳实施例的自动启动同步电动机的
转子铁心的端部的电磁钢板的平面图;

图 54 是用于图 53 所示的同步电动机的转子的一个局部放大纵向截面
25 面图;

图 55 是根据本发明第二十三最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机
的纵向截面图;

图 56 是同步电动机在端板安装之前的纵向截面图;

图 57 是图 56 的同步电动机的一个端视图;

30 图 58 是现有技术转子的一个纵向截面图;

图 59 是沿图 58 中的 A-A' 线的横截面图;

图 60 是根据本发明第二十四最佳实施例的用于自动启动永久磁铁同步电动机的转子的纵向截面图;

图 61 是图 60 所示转子的横截面图;

5 图 62 示出一个桥部的局部放大图; 和

图 63 是根据本发明第二十五最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机采用的转子的电磁钢板的平面图。

具体实施方式

10 第一实施例 (图 1 和 2)

图 1 是用于根据本发明第一最佳实施例的采用永久磁铁的自动启动同步电动机的转子的横截面图。在该图中, 转子用参考数字 21 表示, 转子铁心用 22 表示。转子铁心 22 有若干个长孔 23, 它们定位在外圆周上, 用来容纳相应数量的传导杆 24, 用任何已知的压铸铝技术将传导杆 24 与短路环 (未示出) 一起整体浇铸在转子铁心 22 的轴向隔开的两端, 由此提供一个启动鼠笼式导体。永久磁铁 26 嵌入各自的磁铁保持孔内, 磁铁保持孔确定在转子铁心 22 内, 位于传导杆 24 径向内部的一圈位置上。

在图 1 所示范围内, 通常为 V 形的两块板状永久磁铁 26 端对端地衔接在一起, 构成单个转子磁极, 由于转子中采用了四个永久磁铁, 因此形成了两个转子磁极。T2 和 T3 表示由永久磁铁确定的转子磁极附近的两个相邻长孔 23 之间的间距, T4 代表位于转子磁极之间的一个中点附近的相邻长孔 23 之间的间距。在图示的实施例中, 选择间距 T2 和 T3 小于间距 T4。

25 图 2 是转子和定子之间空气间隙中磁通量密度的分布图表, 其中, 纵坐标轴代表磁通量密度 B, 横坐标代表空气间隙的角度 θ , 该角度是与转子转动的方向一致的方向与转子磁极之间的中点表示的原点之间所成的夹角。由于靠近转子磁极端部的位置的间距 T2 和 T3 小于转子磁极中点处的间距 T4, 因此从永久磁铁 26 散发出的磁通量几乎不会泄露到转子 21 在该处的外圆周面上, 而是泄露到转子磁极中点附近的外周面上。由于这个原因, 定子和转子之间的空气间隙中的磁通量密度分布特

30

性呈现为梯形波形，或者为正弦波形，由于与矩形波形相比，每单位时间的磁通量变化量增加，因此在定子绕组上感应的电压可以增加。

与之相反，在现有技术中的自动启动永久磁铁同步电动机中，长孔以固定间距圆周分布在转子铁心中，并且在转子铁心的径向方向测量的
5 径向长度相同，因此，磁通量密度分布特性可以呈现为矩形波形。通常，通过测量定子绕组的感应电压就可了解永久磁铁引起的转子磁极的密度，这时的转子从外部转动而没有电压施加到电动机上。

现在讨论用在利用永久磁铁的两极自动启动电动机上时，定子和转子之间的空气间隙中磁通量密度分布特性的波形与由转子磁极作用引起的
10 的定子线圈上的感应电压之间的关系。

图 7 示出空气间隙中的磁通量密度分布特性 $B_g(\theta)$ 呈现为矩形波形 $B_{g1}(\theta)$ 的情形，图 8 示出空气间隙中的磁通量密度分布特性 $B_g(\theta)$ 呈现为梯形波形 $B_{g2}(\theta)$ 的情形。横坐标轴表示与转子转动的方向一致的方向与转子磁极之间的中点表示的原点之间成的夹角 θ 。图 7 中，
15 B_{g1m} 表示由下列方程表示的 $B_{g1}(\theta)$ 的最大值：

$$B_{g1}(\theta) = B_{g1m} \quad (\text{当 } 0 \leq \theta \leq \pi) \dots \dots (1)$$

$$B_{g1}(\theta) = -B_{g1m} \quad (\text{当 } \pi \leq \theta \leq 2) \dots \dots (2)$$

图 8 中， B_{g2m} 表示从 $\theta = 0$ 开始， $B_{g2}(\theta)$ 的倾斜角度为 α 时由下列方程表示的 $B_{g2}(\theta)$ 的最大值：

$$20 \quad B_{g2}(\theta) = \theta \tan \alpha \quad (\text{当 } 0 \leq \theta \leq B_{g2m}/\tan \alpha) \dots \dots (3)$$

$$B_{g2}(\theta) = B_{g2m} \quad (\text{当 } B_{g2m}/\tan \alpha \leq \theta \leq \pi - B_{g2m}/\tan \alpha) \dots \dots (4)$$

$$B_{g2}(\theta) = -\theta \tan \alpha + \pi \tan \alpha \quad (\text{当 } \pi - B_{g2m}/\tan \alpha \leq \theta \leq \pi) \dots \dots (5)$$

假设永久磁铁的磁通量不会在转子内短路掉而是全部经过定子铁心。因此，不管空气间隙中的磁通量密度分布特性的波形如何，流过定
25 子内的磁通量是恒定的，每一个磁极的波形面积相同如下列方程表示：

$$B_{g1m} \pi = B_{g2m} [\pi - (B_{g2m}/\tan \alpha)] \dots \dots (6)$$

虽然定子线圈分布在与一个磁极对应的区域上，但是定子线圈可以集中布置在一个角度 π 的宽度内，角度是在与对应于单个磁极的转动方向一致的方向上，转数假设为 n 。在转子磁极以角速度 $\omega(t)$ 转动期间，
30 通过线圈的磁通量 Φ 由下列方程表示：

$$\Phi(t) = \int_{\omega t}^{\omega t + \pi} B_g(\theta) d\theta \quad \dots \dots (7)$$

当方程 (1) 和 (2) 中的 $B_{g1}(\theta)$ 替换为方程 (7) 中的 $B_g(\theta)$ 时, 空气间隙中的磁通量密度分布特性 $B_g(\theta)$ 呈现为矩形波形 $B_{g1}(\theta)$ 的情况下, 磁通量 $\Phi_1(t)$ 呈现为如图 9 所示的波形。当方程 (4) 和 (5) 中的 $B_{g1}(\theta)$ 由方程 (7) 中的 $B_g(\theta)$ 替换时, 梯形波形 $B_{g2}(\theta)$ 情况下的磁通量 $\Phi_2(t)$ 呈现为图 10 所示的波形。图 9 和 10 中的纵坐标和横坐标分别表示磁通量 Φ 和时间 t 。

定子线圈中的感应电压波形 $V(t)$ 由下列方程表示:

$$10 \quad V(t) = -n \frac{d}{dt} \int_{\omega t}^{\omega t + \pi} B_g(\theta) d\theta = -\omega n [B(\theta + \pi) - B(\theta)] \quad \dots \dots (8)$$

空气间隙中的磁通量密度分布特性呈现为矩形波形 $B_{g1}(\theta)$ 情况下的感应电压波形 $V_1(t)$ 和空气间隙中的磁通量密度分布特性呈现为梯形波形 $B_{g2}(\theta)$ 情况下的感应电压波形 $V_2(t)$ 分别示于图 11 和 12, 其中纵坐标轴代表感应电压 $V(t)$, 横坐标轴代表时间 t 。

15 感应电压 V 是感应电压波形的有效值并由下列方程表示:

$$V = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^\pi V^2(t) dt} \quad \dots \dots (9)$$

用方程 (9) 代替方程 (8), 得到的感应电压 V 由下列方程 (10) 表示:

$$V = \sqrt{\frac{\omega^2 n^2}{\pi} \int_0^\pi [B(\theta + \pi) - B(\theta)]^2 d\theta} \quad \dots \dots (10)$$

20 空气间隙中的磁通量密度分布特性呈现为矩形波形 $B_{g1}(\theta)$ 情况下的感应电压 V_1 可以由下列方程表示, 该方程用方程 (10) 替换方程 (1) 和 (2) 得到:

$$V_1 = 2\omega n B_{g2m} \sqrt{1 - \frac{4B_{g2m}}{3\pi \tan \alpha}} \quad \dots \dots (11)$$

25 空气间隙中的磁通量密度分布特性呈现为梯形波形 $B_{g2}(\theta)$ 情况下的感应电压 V_2 可以由下列方程表示, 该方程用方程 (10) 替换方程 (3) 和 (4) 得到:

$$V_2 = 2\omega n B_g 2m \sqrt{1 - \frac{4B_g 2m}{3\pi \tan \alpha}} \quad \dots \dots (12)$$

V₂ 是图 8 所示角度 α 的函数并被示于图 13 中。当 α = π/2 时，V₂ 与方程 (11) 的值相同，并且可以这么说，当图 13 中 α = π/2 时，空气间隙中的磁通量密度分布特性呈现为矩形波形的感应电压。从图 8 中可知，
5 由于空气间隙中的磁通量密度分布特性呈现为梯形波形情况下的 α 小于 π/2，因此从图 13 中很容易看出，空气间隙中的磁通量密度分布特性为矩形波形的感应电压低于磁通量密度分布特性为梯形的感应电压。

磁通量密度分布特性为正弦波形的感应电压同样可以由方程 (9) 表示，可以这么说，空气间隙中的磁通量密度分布特性为矩形波形的感应
10 电压低于磁通量密度分布特性为正弦波形的感应电压。因此，在磁通量密度分布特性为矩形波形的情况下，由于转子磁极较微弱的事实从而减小不同步扭矩，并且因为流过定子线圈的电流增加，所以降低了效率。因此，为了保证要求的感应电压，需要增加永久磁铁的尺寸或者使用有高剩余磁通量密度的永久磁铁，因此，存在永久磁铁成本较高的问题，
15 电动机的成本随之增加。

然而，根据图示的本发明的实施例，可以补偿定子和转子之间的空气间隙中磁通量密度分布特性，使其呈现为或者接近梯形波形或者接近正弦波形，由此增加定子线圈上的感应电压。因此，可以提供一种高性能、廉价的自动启动永久磁铁同步电动机，既不需要增加永久磁铁的尺寸，也不需要采用具有高剩余磁通量密度的永久磁铁。
20

注意到，尽管前述实施例是用于两极同步电动机的转子中，但是本发明不限于此，而且同样可以用于例如四个或更多个磁极的转子上。还有，尽管采用的永久磁铁是板状的形式，但是本发明不限于此，本发明同样可以用于采用例如弓形或者其他合适形状的永久磁铁的转子中。
25

第二实施例（图 3）

图 3 是根据本发明第二最佳实施例的自动启动永久磁铁同步电动机使用的转子的横截面图。图 3 中，转子 21 沿箭头所示方向转动。在有负荷的运行中，从定子线圈发散的磁通量和从永久磁铁 26 发散的磁通量的合成磁通量，流进部位 29 的比流进部位 28 的量得多，部位 29 位于从
30

转子磁极中心沿转子转动方向向前偏移 θ_1 的相邻长孔之间。部位 28 位于从转子磁极中心向后偏移的一侧的两个相邻长孔之间。选择部位 29 的尺寸，即部位 29 两侧上的两个相邻长孔之间的间距 T8，大于部位 28 两侧上的相邻长孔之间的间距 T9，从而，可以避免铁心在相邻两个长孔之间的部位 29 处的磁饱和，从而保证了满意的电动机特征。

第三实施例（图 4）

图 4 是用于根据本发明第三最佳实施例的同步电动机的转子的横截面图。图 4 中，长孔中的一个孔 30 位于转子磁极中心附近的一个长孔，长孔 31 和 32 位于转子磁极的两端中的一端附近。这些长孔 30, 31, 32 分别有不同的径向长度 H30, H31 和 H32，长孔 31 和磁铁保持孔 25 之间以及长孔 32 与磁铁保持孔 25 之间的距离 Y31 和 Y32 小于 Y30，Y30 是长孔 30 和磁铁保持孔 25 之间的距离，从该处发散到转子靠近转子磁极外周面的永久磁铁的磁通量几乎很少，反之，都发散到转子磁极中心附近的外周面。为此，定子和转子之间的空气间隙中的磁通量密度分布特性可以呈现为梯形波形，或者为正弦波形，由于与矩形波形相比，每单位时间的磁通量变化量增加，因此在定子绕组上感应的电压可能增加。因此，为了达到比如像现有技术实施的感应电压，可以提供一种高性能、廉价的采用具有所要求的不同步扭矩和高效率的永久磁铁的自动启动永久磁铁同步电动机，既不需要增加永久磁铁的尺寸，也不需要采用具有高剩余磁通量密度的永久磁铁。

第四实施例（图 5）

图 5 是用于根据本发明第四最佳实施例的同步电动机的转子的横截面图。图 5 中，长孔 33, 34, 35, 36, 37, 38 和 39 位于从中心到转子磁极一端之间的区域内，并且与磁铁保持孔 35 之间分别相距逐渐减小的距离 Y33, Y34, Y35, Y36, Y37, Y38 和 Y39。

图 5 所示的箭头线表示定子线圈形成的磁场的磁通量穿过转子 1 的方式。为了简单起见，只示出了下半个转子的磁通量的流动型式，上半个与之一样的型式未示出。正如可以从该图中看出的那样，因为流过长

孔之间的磁通量相互重叠，在邻近转子磁极端部的长孔 39 与磁铁保持孔之间流过的定子磁通量减小，但是接近磁极中心的磁通量却增加了。这样，在邻近磁极中心的位置的磁通量是最大的，这里定子线圈产生的磁场磁通量被加强。

- 5 然而，由于从转子磁极的端部向转子磁极中心，每个长孔与磁铁保持孔之间的距离逐渐增加，因此，可以防止在长孔和磁极保持孔之间的铁心部分产生任何可能的磁饱和，由此保证了满意的电动机特性。

第五实施例（图 14 到 17）

- 10 图 14 是根据本发明第五最佳实施例的利用永久磁铁的自动启动同步电动机的纵向截面图；图 15 是沿图 14 中的 A-A' 线的横截面图。图 16 是该转子的一个由非磁性材料制成并用来保护永久磁铁端板的平面图。图 17 是永久磁铁插进并布置好但端板还未固定到转子上时的转子的端视图。

- 15 在这些图中，参考数字 41 表示转子，参考数字 42 表示转子铁心，其型式为层状结构的电磁钢板。参考数字 43 表示传导杆，通过压铸铝技术将传导杆与位于传导杆两端的短路环 44 浇铸在一起，以提供一个启动鼠笼式导体。参考数字 45 表示宽度为 Q 的永久磁铁。参考数字 46 表示确定在转子铁心 42 内的磁铁保持孔，用来容纳永久磁铁。在压铸铝之后，
20 两块相同极性的板状永久磁铁 45 以 V 形结构端对端地衔接起来，以形成一个单一的转子磁极，由于转子中使用了四个永久磁铁 45e，因此形成了两个转子磁极。

- 参考数字 47 表示防止相邻的不同极性永久磁铁之间的磁通量短路的阻挡层，它也用压铸铝方式装在位置上。参考数字 48 表示由非磁性材料制成并用来保护永久磁铁的端板，每个端板上设有配合孔 48a。参考数字 49 表示确定在转子铁心 42 内轴向延伸的轴孔，这些孔中装有铝 50，
25 铝 50 用于压铸铝期间以形成启动鼠笼导体。填充轴孔 49 的铝 50 从转子铁心 42 的两端向外轴向突出，从而形成一个突出部 50a，如图 14 中所示。突出部 50a 穿过相应的配合孔 48a 之后，通过卷边或铆接突出部 50a
30 使它变大如图 14 中的虚线所示，使得端板 48 固定到转子铁心 42 的端面

上。参考数字 51 表示确定在转子铁心 42 内的支撑孔。

从转子获得的永久磁铁 45 的磁通量基本与永久磁铁 45 的宽度 Q 和永久磁铁 45 的长度的乘积即永久磁铁 45 的磁极面积成比例，永久磁铁 45 的长度在转子的轴向测量得到。

- 5 注意到，虽然是将前述已磁化的永久磁铁插进并布置好，但是转子磁极同样可以这样形成，即将未被磁化的永久磁铁插入和布置到转子铁心，构成转子然后利用一个磁化装置使永久磁铁极化。

- 根据本发明的第五实施例，选择永久磁铁 45 相同极性的端对端邻接的角 β 大于图 25 所示现有技术的为 90° 的角 α ，使在垂直于纵轴的方向上测量的永久磁铁 45 的宽度 Q 大于图 25 所示的现有技术的宽度 P。增加永久磁铁端对端衔接角度，并且选择在邻近转子磁极的位置处的内径向尺寸 c 大于邻近转子磁极中心的位置处的内径向尺寸 b，对于允许采用增加了宽度的永久磁铁都是有效的。对应于永久磁铁 45 的端对端衔接夹角的增加和永久磁铁 45 的宽度的增加，用于本发明的每一个短路环 10 44 不是现有技术那样的圆形，而是菱形，如图 14 所示，它的外轮廓在磁铁保持孔 46 的外部，并且允许转子磁极端部的内直径大于转子磁极中心处的内直径。

- 短路环 44a 的内直径不选择为与整个圆周转子的磁极端部的内直径一致的圆形，其理由是如果这样选择的话，每个短路环 A 的等价横截面积例如整个 44a 将变得过于小，以至于增加了阻力，从而导致电动机启动能力下降。

如上面讨论的，根据本发明的第五实施例，由于永久磁铁 45 可以具有增加了的磁极表面积，因此可以得到电动机需要的永久磁铁磁通量。

25 第六实施例（图 18 和 19）

- 现在参考图 18 和 19 描述本发明的第六最佳实施例，其中，图 18 是根据本发明第六最佳实施例的利用永久磁铁的自动启动同步电动机的纵向截面图；图 19 是从图 18 的 S 侧看过去的端视图。图 19 中，虚线表示磁铁保持孔 46 的位置，单点划线表示端板 58 的外轮廓。尽管从 R 侧看过去的转子的端视图没有示出，但是永久磁铁 45 的宽度和端对端衔接夹
- 30

角，以及 44a 的短路环 A 内直径的形状，都与前面描述的本发明的第一实施例中的一样，在相对侧 S 上的 44b 的短路环 B 的内直径是圆的，并且选择得很小以至于它可以位于磁铁保持孔 46 的内部。

参考图 18 和 19，端板 58 同样地布置成与 S 侧的转子铁心 42 的一个端面邻接，并且其形状足以包围磁铁保持孔 46，因此，压铸铝不可能泄露到磁铁保持孔 46 内，否则难以插入永久磁铁 45。

第七实施例（图 20 到 22）

现在参考图 20 到 22 描述本发明的第七最佳实施例。图 20 是根据本发明第七最佳实施例的利用永久磁铁的自动启动同步电动机的纵向截面图，图 21 是设在转子铁心 2 的 S 侧的一端的一个或多个电磁钢板 59 的平面图，图 22 是从 S 侧看过去的端视图。虽然从 R 侧看过去的转子的端视图没有示出，但是永久磁铁 45 的宽度和端对端衔接夹角，以及 44a 的短路环 A 内直径的形状，都与前面描述的本发明的第一实施例中的一样。

参考图 20 到 22，S 侧上的 44c 的短路环 C 具有圆的内直径或孔，并且这样选择以至于可以放在磁铁保持孔 46 的内部。在转子铁心 42 的 S 侧端部的一个或多个电磁钢板 59 设有形状和大小相同的长孔，长孔确定在与电磁钢板一样的位置，而不是在端部的那些位置，但是不设置磁铁保持孔 46。因此，即使 44c 的短路环 C 的内直径较小，压铸铝也不可能泄露到磁铁保持孔 46 内，否则难以插入永久磁铁。

第八实施例（图 23）

现在参考图 23 描述本发明的第八实施例，该图是从与插入永久磁铁 45 的方向一致的方向看过去的转子的端视图，显示的永久磁铁 45 已经插进并且布置好但未装上端板的转子。

参考图 23，44d 的短路环 D 的内直径或孔的形状与磁铁保持孔 46 的形状一致并沿之延伸。这种设计使永久磁铁 45 可以沿 44d 的短路环 D 的内直径或孔的内表面插进去，由此使永久磁铁的插入工作容易，从而使装配更加容易。

第九实施例（图 24）

现在参考图 24 描述本发明的第九实施例，同时参考本发明的第五实施例采用的图 17。图 24 是根据本发明第九最佳实施例的利用永久磁铁的自动启动同步电动机的纵向截面图。在该图中，参考数字 61 表示一个定子，参考数字 62 表示由片层结构的电磁钢板形成的定子铁心，该片层结构的片层厚度用 L_s 表示。参考数字 63 表示缠绕在定子铁心 62 上的定子线圈。其中使用的转子 41 基本与参考图 17 所描述的第五实施例中的相同，为了简洁的目的这里不再描述。但是，正如图 17 中所示的转子的情况下，通过增加永久磁铁 45 在垂直于纵轴方向上测量的宽度，由此增加永久磁铁 45 的磁极表面积，以增加永久磁铁 45 发散的磁通量，还可以通过设计 44a 的短路环 A 的内直径或孔使它位于磁铁保持孔 46 的外部，并且还可以再次选择靠近 44a 的短路环 A 的转子磁极端部的内直径尺寸大于靠近转子磁极中心的尺寸，构成转子铁心 42 的电磁钢板的层厚可以有利地减小到基本等于定子铁心的层厚 L_s 。

通常这样设计利用永久磁铁的电动机，即通过选择永久磁铁的轴向长度大于定子铁心的片层厚度，以便从定子铁心两端向外流出的永久磁铁的磁通量可以从两端流进定子铁心内部，从而增加了穿过整个定子铁心的磁通量，为了这个目的，选择转子铁心的片层厚度大于定子铁心的片层厚度。相反地，根据本发明的第九实施例，已采用的如上所述的设计使定子铁心的片层厚度 L_s 与转子铁心的片层厚度 L_r 基本相等。

根据前面所述的，用于每一个定子和转子铁心的电磁钢板的数量基本相等，这些电磁钢板是在同样的压模中同时完成的，因此可以减低剩余的电磁钢板产品，从而降低成本。

第十实施例（图 26 到 28）

现在参考图 26 到 28 描述本发明的第十最佳实施例。图 26 是用于根据本发明第十实施例的同步电动机的转子的纵横截面图。图 26 中，参考数字 71 表示转子，参考数字 72 表示转子铁心。参考数字 72a 表示由层状转子铁板 E 形成的转子铁心，其中的一个 E 示于图 27 中。图 27 中，

参考数字 73 表示磁铁保持孔，当转子铁心 E 被层压时，磁铁保持孔 73 彼此轴向对齐，如图 26 所示，各自的永久磁铁 74 插在其中。

图 26 中所示的参考数字 72b1 表示一个转子铁心，该铁心是通过将转子铁板 F 层压到转子铁心 72a 的一个轴端面上形成的，转子铁板 F 中的一个示于图 28 的平面图中。图 28 中，参考数字 77 表示磁通量短路预防孔，它们在转子铁板 E 上的布置位置与磁铁保持孔 73 相同，但是宽度 U 小于磁铁保持孔 73 的宽度 T。当转子铁板 F 层压到转子铁心 72a 的轴端上时，磁通量短路预防孔 77 与磁铁保持孔 73 轴向连通，如图 26 所示。图 26 中，参考数字 72c1 表示一个转子铁心，铁心由一个或多个转子铁板 E 层压到转子铁心 72b1 的轴端面形成。另外，图 26 中，参考数字 76 表示一个端板，由非磁性材料制成并且具有足以覆盖磁铁保持孔 73 和磁通量短路预防孔 77 的形状，以便防止永久磁铁 74 的碎片向外流出，并且防止外部物质进入磁铁保持孔 73 内，这些永久磁铁 74 碎片是在永久磁铁 74 插进并埋入磁铁保持孔 73 的时候产生的。

如图 26 所示，在与转子铁心 72a 配合的转子铁心 72b1 的一个邻接面上，使每一个永久磁铁 79 上的一个轴端面 79 与各自的预防磁通量短路孔 77 的外周边 78 配合，在永久磁铁 74 两端的 N 和 S 极之间泄露的磁通量 80，从转子铁心 72a 经过转子铁心 72b1 再穿过防止磁通量短路孔 77 最后经过转子铁心孔 72b1 和 72a 返回永久磁铁 74。泄露的磁通量 80b1 从转子铁心 72a，经过转子铁心 72b1，然后经过转子铁心 72c1，穿过磁铁保持孔 73，再经过转子铁心 72c1，转子铁心 72b1 并且最终经过转子铁心 72a，返回永久磁铁 74。这里，转子铁心 72b1 由单个转子铁板或若干个转子铁板 F 制成，转子铁板 F 的数量应当尽可能地少，只要可以安放永久磁铁就行，泄露磁通量 80a1 经过的磁路可以有足以使泄露磁通量 80a1 减为最小的磁阻。另外，由于构成转子铁心 72c1 的转子铁板 E 中的磁铁保持孔 73 的宽度 T，比转子铁板 F 中的磁通量短路预防孔 77 的宽度 U 大得多，以至于与转子铁板 F 制成的转子铁心 72c1 的情况相比，泄露磁通量 80b1 经过的磁路具有足以使泄露磁通量 80b1 最小的磁阻。因此，可以提高电动机的性能。

另外，由于永久磁铁 74 吸引并且因此保持与转子铁心 72b1 中的磁

通量短路防止孔 77 的外周边 78 配合, 所以仅仅由转子铁心 72 装置而不用支撑架, 就可以使永久磁铁 74 关于轴向精确定位, 由此减小成本和部件数量。

注意到, 可以这样选择被层压的转子铁板 F 的数量, 即转子铁心 72 的轴向长度的一个中间点可以与永久磁铁 74 的轴向长度的一个中间点配合, 而且这同样可以应用于下面的本发明的任何一个实施例。

也可以注意到, 永久磁铁由稀土金属比如 Nd-Fe-B 系列制成, 由于用 Nd-Fe-B 系列稀土金属制成的磁铁具有高的残留磁通量密度, 因此转子和作为整体的电动机的体积可以有利地减小。

在描述的本发明的第十实施例中, 采用的永久磁铁基本是板状结构, 但是本发明并不限于此, 而且同样可以用于采用任何形状比如弓形永久磁铁的转子中。

第十一实施例 (图 29 和 30)

下面参考图 29 和 30 描述本发明的第十一最佳实施例, 其中, 图 29 是用于同步电动机的转子的纵向横截面图, 图 30 是转子铁板 G 的平面图。如图 29 所示, 参考数字 72d1 表示一个包括转子铁心 72a 的转子铁心, 转子铁心 72a 有一个轴端面, 转子铁板 G 层压在该端面上。由于转子铁板 G 没有磁铁保持孔, 因此, 将转子铁板 G 层压到转子铁心 72a 的轴端面上, 则导致磁铁保持孔 73 封闭。

由于永久磁铁 74 的轴端面 81 保持与转子铁心 72d1 的衔接面配合, 该衔接面保持与转子铁心 72a 配合, 因此, 从永久磁铁 74 的轴端泄露的磁通量 80c1, 从转子铁心 72a, 经过转子铁心 72d1, 然后经过转子铁心 72a 返回永久磁铁 74。另外, 由于永久磁铁 74 吸引并且因此保持与转子铁心 72d1 的轴端面 82 配合, 所以不用支撑架就可以使永久磁铁 74 关于轴向精确定位, 由此减小成本和部件数量。

另外, 由于转子铁心 72a 内的磁铁保持孔 73 的一端被转子铁心 72d1 关闭, 所以在相对端放一个端板 76 足以封闭磁铁保持孔 73 的两端。虽然在前面描述的本发明的第十实施例中, 需要两块端板 76, 但是第十一实施例中只需要一个端板 76, 因此可以进一步减小组件和部件的成本。

在冲模过程中，通过控制装载和卸载装料模可以容易地制造转子铁板 E 和转子铁板 G，装料模用来形成磁铁保持孔 73。因此，这里不需要前述的本发明的第十实施例中要求的装料模，在第十实施例中，装料模用来形成转子铁板 F 中的磁通量短路预防孔 77，因此可以简化模具本身的构造。

第十二实施例（图 31）

图 31 是用于根据本发明第十二最佳实施例的同步电动机的转子的纵向截面图。转子铁心 72d2 的一个轴端面上设有一个包括转子铁板 E 的层化结构的转子铁心 72c2，该轴端面与和永久磁铁 74 的轴端面 81 配合的那一端面相对。

由于永久磁铁 74 的轴端面 81 与转子铁心 72d2 的轴端面 82 配合，因此在永久磁铁 74 的轴端泄露的磁通量 80c2 从转子铁心 72a，经过转子铁心 72d2，然后经过转子铁心 72a 返回到永久磁铁 74。泄露的磁通量 80b2 从转子铁心 72a 经过转子铁心 72d2，然后经过转子铁心 72c2，穿过磁铁保持孔 73，再穿过转子铁心 72c2，转子铁心 72d2，最后经过转子铁心 72a 返回永久磁铁 74。

由于泄露磁通量 80c1 穿过磁铁保持孔 73，因此与前面所述的本发明的第十一实施例中的泄露磁通量 80c1 经过的磁路的磁阻相比，该第十二实施例中的泄露磁通量 80b2 穿过的磁路具有相对较高的磁阻，因此，第十二实施例的泄露磁通量 80c2 和 80b2 的总量小于前述第十一实施例中的泄露磁通量 80c1。因此，与前述实施例相比，由于泄露磁通量减少，因此电动机的性能得以提高。

第十三实施例（图 32 到 34）

下面将参考图 32 到 34 描述本发明的第十三最佳实施例。图 32 是根据本发明的第十三实施例的同步电动机采用的转子的纵向截面图。在该图中，参考数字 83 表示转子，参考数字 84 表示转子铁心。参考数字 84a 表示由一层转子铁板 H 制成的转子铁心。参考数字 84b 表示由一层转子铁板 I 制成的转子铁心，其中的一个示于平面图 34 中。

图 33 是转子铁板 H 的平面图。在该图中, 参考数字 85 表示若干个容纳启动鼠笼导体的传导杆 86a 的长孔, 参考数字 73 表示磁铁保持孔。

参考图 34, 参考数字 87 表示若干个长孔, 用来容纳图 32 所示的启动鼠笼导体的传导杆 86a, 这些长孔 86a 与转子铁板 H 的长孔 85 形状相同, 并且与 H 中的长孔 85 位置相同。参考数字 77 表示磁通量短路预防孔, 与图 33 的转子铁板 H 中的磁铁保持孔 73 的位置相同, 但是宽度 U 小于磁铁保持孔 73 的宽度 T。

返回来参考图 32, 参考数字 84c 表示由一个转子铁板 E 或者一层转子铁板 E 制成的转子铁心。通过利用任何公知的铝压模技术, 传导杆 86a 和短路环 86b 可以一体制成以确定启动鼠笼导体。通过将启动鼠笼导体装进转子 83 中, 就可以获得采用永久磁铁的自动启动同步电动机, 这种电动机在启动时可以象感应电动机那样运行, 并且可以像同步电动机可以达到的那样的同步速度运行。甚至在这种情况下, 由于与本发明的前述第十实施例的情况一样, 采用了带磁通量短路预防孔 77 的转子铁心 84b, 并且转子铁板 E 被层化, 因此永久磁铁 74 的两个轴端的 S 和 N 之间泄露的磁通量减少, 从而提高了电动机的性能。

甚至在采用如第十三实施例中那样布置的启动鼠笼导体的永久磁铁的自动启动同步电动机中, 永久磁铁 74 可以由转子铁心 84 精确定位, 而不需要使用任何支架, 因此可以有利地降低组件和部件的成本。

第十四实施例 (图 35 到 37)

参考图 35 到 37 描述本发明的第十四最佳实施例, 其中图 35 是根据本发明的第十四实施例的同步电动机所采用的转子的纵截面图, 图 36 是电磁钢板 J 的平面图, 钢板 J 定位在转子铁心的轴向两端的里侧, 图 37 是位于转子铁心的两个轴端的电磁钢板 K 的平面图。

现在参考图 35 到 37, 参考数字 91 表示转子, 参考数字 92 表示一个层化结构的转子铁心, 它包括电磁钢板 J 110 和电磁钢板 K 111。电磁钢板 J 110 和 K 111 上分别形成有同样尺寸的传导杆长孔 112, 同样尺寸的用来防止磁通量短路的各个长孔 113, 同样尺寸的各个孔 99 和同样尺寸的各个轴承孔 114, 它们彼此对齐。参考数字 96b 和 96a 表示确定在相

同位置的磁铁保持孔，其中在径向方向测量的各个孔的宽度 R 和 S 这样选择以满足关系 $R < S$ 。

参考数字 93 表示由铝制成的传导杆并放在各个长孔 112 内。利用公知的压模铝技术，将传导杆 93 与在转子铁心 92 轴向两端的短路环 94 模铸成一体，从而形成启动鼠笼导体。参考数字 95 表示永久磁铁，在压模铝之后，每两个永久磁铁端对端地衔接成 V 形结构然后插进并布置在磁铁保持孔 96 和 96a 中，以便两对永久磁铁 95 决定两个磁极。为了避免不同磁极的相邻永久磁铁之间出现任何短路，在压模铝期间，给阻挡孔 113 注入铝。参考数字 98 表示一个非磁性材料端板，用来保护永久磁铁 95，该端板上确定有配合孔 98a。参考数字 99 表示确定在转子铁心 92 内的轴向延伸的轴孔，该孔中充满铝 100，铝 100 是在压模铝期间注射进去的，以便形成启动鼠笼导体。填充到轴孔 99 内的铝 100 有从转子铁心 92 的轴向两端向外突出的突出部 100a。配合孔 98a 中接受突出部 100a 之后，将突出部 100a 铆接或卷边变大如虚线所示，使得端板 98 固定到转子铁心 92 的两个轴端上。参考数字 101 和 114 表示各个支撑孔。

应当注意到，尽管在前面的说明中，插进和布置进转子铁心内的是已经磁化了的永久磁铁，但是同样可以将未被磁化的永久磁铁插进和布置进转子铁心构成转子，然后用一个磁化设备使永久磁铁极化，从而形成磁极。

在制造上述结构的自动启动同步电动机期间，在冷却压模铝形成短路环 94 时，在一个向内的径向收缩作用力的影响下，在转子铁心 92 每一轴端上的电磁钢板 K111 内的磁铁保持孔 96a 的外直径变形和收缩。然而，由于磁铁保持孔 96a 的孔宽 S 比电磁钢板 J 中的磁铁保持孔 96 的孔宽 R 足够大，即短路环 94 的收缩力小，因此，不可能导致这样一种结果，即，变形和收缩引起的永久磁铁 95b 和磁铁保持孔 96a 之间间隙减小，使得永久磁铁 95 难以插进各磁铁保持孔 96a 中。

选择磁铁保持孔 98a 的孔宽 S 使它稍微大于 R ，当受到短路环 94 的收缩力时，邻近孔宽 S 的一个外径的一侧可以与邻近磁铁保持孔 96 孔宽 R 的一个外径的一个侧边对齐，从而可以避免这样一种可能性，即磁路磁导系数的降低导致电动机性能相应地降低。

如上所述，采用根据本发明第十四实施例的永久磁铁的自动启动同步电动机的优点在于，永久磁铁 5 可以容易地插进压铸铝中，而且可以维持高性能的电动机特性。

5 第十五实施例（图 38 和 39）

现参考图 38 和 39，36 和 37 来描述本发明的第十五最佳实施例。图 38 是采用了根据本发明的第十五最佳实施例的永久磁铁的那种用于自动启动同步电动机的转子的纵向截面图，图 39 是在图 38 的转子铁心 92 的一个端面的电磁钢板 L 的平面图。

10 现在参考图 38 和 39，在 P 侧的转子铁心一端的一个或若干个电磁钢板 L120 上没有设置磁铁保持孔。用相同的电磁钢板 K111 层化转子铁心 92 的轴向两端上的电磁钢板，如图 37 中示出的与第十四实施例有关的那样，电磁钢板 J110 向两端的内部层化。由于永久磁铁的轴端面紧接电磁钢板 L，因此选择电磁钢板 L 的层化数量，使得转子铁心和永久磁铁
15 的各个轴中心可以相互配合。

在如上述结构的本发明的第十五实施例中，由于转子 91 是这样的结构，即在 P 侧转子铁心 92 端部的一个或若干个电磁钢板 L120 没有设置磁铁保持孔，所以在相对的 Q 侧只有端板 98 就足已，从而，材料成本和安装步骤可以有利地减少。另外，由于转子铁心 2 的两个轴端上的电
20 磁钢板 K111 内的磁铁保持孔 96a 的孔宽 S 比磁铁保持孔 96 的孔宽 R 大得多，该磁铁保持孔 96 是在电磁钢板 J110 的内侧，因此，压铸铝之后，即使在短路环 94 径向向内作用的收缩力的影响下，发生径向向内的收缩变形，永久磁铁 95 也能工作而不受干扰，由于与本发明的第一实施例的情况一样，可以正确维持转子铁心 92 内的永久磁铁 95b 和磁铁保持孔之
25 间的间隙，因此可以维持高性能的电动机特性。

第十六实施例（图 40）

现在结合图 36 到 38，参考图 40 描述本发明的第十六最佳实施例。图 40 是根据本发明第十六实施例的用于自动启动永久磁铁电动机的转子的纵截面图。如图 40 所示，示于图 40 并且不带磁铁保持孔的一个或若
30

干个电磁钢板 L120 被层化到 P 侧转子铁心 92 的一端，带有孔宽相对较大的磁铁保持孔的一个或若干个电磁钢板 K111 被层化到 Q 侧转子铁心 92 的另一端。由于 P 侧端上的电磁钢板 L120 不带磁铁保持孔，所以短路环 94 的收缩压力与之无关，因此如果带有孔宽较大的磁铁保持孔 96 的电磁钢板 K111 只布置在 Q 侧，那么就可以容易地将永久磁铁 95 插入转子铁心 92 内。因此，可以用电磁钢板 J110，K111 和 L120 的最小组合来组成转子铁心 92，因此有利于制造，并且还能维持高性能的电动机特性。

第十七实施例（图 41 和 42）

现在结合图 39，参考图 41 和 42 描述本发明的第十七最佳实施例。图 41 是根据本发明第十七实施例的用于自动启动永久磁铁电动机的转子的纵截面图，图 42 是从图 41 的 P 侧看过去的同步电动机的端视图。

第十七实施例中的转子结构与关于第十五和第十六实施例的任何描述基本相同。

参考图 41 和 42，具有减小了内径的短路环 94a 形成于电磁钢板 L120 的一个外端面，该电磁钢板如图 39 所示，并且在 P 侧上没有用压铸铝形成的磁铁保持孔。短路环 94a 的内径是这样的，即它可以向内封闭住整个磁铁保持孔 96 和 96a，磁铁保持孔 96 和 96a 分别确定在电磁钢板 J 和 K 内，如虚线所示，或者虽然没有示出但也可以部分地向内。由于电磁钢板 L120 没有由 96 表示的磁铁保持孔，因此在压铸铝期间，铝不可能渗入磁铁保持孔 96 内。考虑到前面所述的内容，短路环 94a 可以增加横截表面积，从而可以减小转子的次级线圈电阻，可以增加电动机在同步速度中最大扭矩时刻的转速，可以增加最大扭矩的时间，由此提高电动机的启动性能。

第十八实施例（图 43）

现在参考图 43 描述本发明的第十八最佳实施例，图 43 是用于根据第十八实施例的自动启动永久磁铁电动机的转子的电磁钢板 M 的平面图。

第十八实施例中的转子结构与关于第十八和第十七实施例的任何描述基本相同。现在参考图 43，参考数字 131 表示电磁钢板叠层的缠绕部分。

如图 43 所示, 当电磁钢板一片接一片地冲切下来时, 形成冲压突起, 与之顺序地缠绕时被层叠在一起, 由此形成转子铁心。在这种情况下, 缠绕部分 131 限定在相应磁铁保持孔 132 的外部位置。参考数字 132a 表示一个增大部分, 该增大部分是磁铁保持孔 132 靠近相应缠绕部分 131 的那一部分, 其孔宽向该相应缠绕部分 31 径向向外增大一个要求量 “V”。参考数字 133 表示界定在相应缠绕部分 131 和每一个磁铁保持孔的增大部分 132a 之间的电磁钢板 M130 的一个钳形部分。

根据第十八实施例, 由于做出了增大部分 132a, 在该增大部分的磁铁保持孔 132 靠近相应缠绕部分 131 的孔宽向该相应缠绕部分 31 径向向外增大一个要求量 “V”, 即使在使用压力加工形成相应的缠绕部分期间, 在重压的影响下, 相应钳形部分 133 变形向相关的磁铁保持孔 132 内突出, 该变形也可以由增大量 V 补偿, 因此永久磁铁可以毫无干扰地插进去。另外, 由于增大部分 132a 的长度 W 较小, 它与相邻的缠绕部分 131 相一致, 而且, 数值 V 的具体值很小并且响应钳形部分 133 向内的变形而减小, 因此它与永久磁铁之间的间隙非常微小, 而且磁路的磁导系数不会减小, 由此保证了高性能的电动机特性。

应当注意到, 在前面的说明中, 已经描述过缠绕部分 131 位于相应磁铁保持孔 132 的外侧, 但是可以将它放在相应磁铁保持孔的内侧, 甚至可以获得与这种情况类似的效果。

还应当注意到, 由于如果每个永久磁铁都由稀土金属比如 Nd-Fe-B 制成, 那么可以获得较高的磁力, 因此, 转子和电动机可以有利地被制成尺寸小而重量轻的一个整体。

仍应注意到, 虽然在前述实施例中, 是将采用两个磁极的同步电动机的转子作为参考示例, 但是本发明可以不限于此, 而且可以同样用于有比如四个或更多磁极的转子中。

还有, 虽然在任何前述实施例中, 通过以端对端方式衔接两块相同极性的板状永久磁铁构成单极, 但是本发明可以不限于此, 可以用一个永久磁铁或三个或更多个相同极性板状永久磁铁形成单极。同样地, 虽然永久磁铁已经使用板状的型式, 但是本发明并不限于此, 本发明同样可以用在采用弓形或任何其他合适形状永久磁铁的转子中。

第十九实施例（图 45 到 47）

现在参考图 45 到 47 描述本发明的第十九最佳实施例，其中，图 45 是采用根据第十九实施例的永久磁铁的自动启动同步电动机的转子的纵
5 截面图，图 46 是转子的横截面图，图 47 是一个端板的平面图。在这些图中，参考数字 141 表示转子，参考数字 142 表示用一层电磁钢板做成的转子铁心。参考数字 143 表示传导杆，利用压铸铝技术将传导杆与短路环 144 一体浇铸而成，短路环位于转子铁心 142 的轴向两端，从而形成启动鼠笼导体。参考数字 145 表示永久磁铁，每两个永久磁铁端对端
10 地保持衔接呈现为 V 形结构并且布置成两对永久磁铁限定两个磁极。参考数字 147 表示短路保护屏障，用来防止不同磁极的永久磁铁之间磁通量的短路并用压铸铝件填充。参考数字 148 表示一个用非磁性材料制成的端板并且用来保护永久磁铁 145，其中限定有配合孔 148a。参考数字 149 表示限定在转子铁心 142 内的一个轴孔，所述轴孔在轴向延伸，该
15 孔中填充铝 150 以形成启动鼠笼导体，铝 150 是在压铸铝期间注入的。填充在轴孔 149 内的铝 150 有从转子铁心 142 的轴向两轴向外突出的突出部分 150a。配合孔 148a 中容纳突出部分 150a 之后，通过将突出部分 150a 铆接或卷边变大如图虚线所示，使端板 148 固定到各自的转子铁心 142 的轴端面上。

20 如上所述，在根据本发明的第十九实施例的自动启动同步电动机中，由于用来将端板 148 固定到转子 141 的轴向两端的突出部分 150a 基本上是与启动鼠笼导体的形成而同时形成的，该启动鼠笼导体的形成是利用压铸铝技术形成的，而且由于通过铆接或卷边突出部分 150a 可以将端板 148 牢牢地固定到转子铁心 142 的轴向两端，因此，与现有技术使用螺
25 纹相比，材料成本和组装步骤可以显著减少，因此可以提供一种廉价的采用永久磁铁的自动启动同步电动机。

第二十实施例（图 48 到 50）

现在将参考图 48 到 50 来描述第二十最佳实施例，其中，图 48 是自
30 动启动永久磁铁电动机的纵截面图，图 49 是图 48 所示同步电动机所用

端板的平面图，图 50 是沿图 49 中的 C-C' 线的横截面图。如图 48 所示，形成的短路环 144a 可以覆盖端板 152。因此，采用压铸铝装置将端板 152 与转子铁心 152 的轴端面做成一体，用来构成启动鼠笼导体。

参考图 49 和 50，端板 152 由两个突出部分 152a 构成，每个突出部分上设有一个对应的完全穿过其厚度的孔 152。在压铸铝之前，突出部分 152a 伸进孔 149 从而将端板 152 固定到转子铁心 142 的相应端面上，由此使各端板 152 定位，以便在压铸铝期间端板 152 不会移动，压铸铝期间有高压作用于端板 152 上，从而使端板 152 牢牢地与转子铁心 142 的相关端面连接而不会偏离原位。另一方面，为了固定端板，在端板 148 与突出部分 150a 配合好之后，通过铆接或卷边突出部分 150a，将端板 148 固定到转子铁心 142 的端面上，该端板 148 与前面描述的第十九实施例的端板相同。

如上所述，由于用压铸铝装置将端板 152 整体连接到转子铁心 142 上，所以通过铆接或卷边突出部分 150a 来固定端板的工作仅与端板 148 有关，因此，与前述第十九实施例相比，可以进一步减小装配步骤。

第二十一实施例（图 51 和 52）

下面将参考图 51 和 52 描述本发明的第二十一最佳实施例，其中，图 51 是用于自动启动同步电动机的转子的纵截面图，图 52 是位于图 51 所用转子铁心的一个轴端的电磁钢板的平面图。参考图 51 和 52，位于转子铁心 142 轴端的电磁钢板 160 与另一个不同位置的钢板形状相同，电磁钢板 160 上设有传导杆长孔 161，用来防止磁通量短路的屏障孔 162，支撑孔 150，但是电磁钢板 160 上没有磁铁保持孔 146。虽然电磁钢板 160 是用与其他电磁钢板所用相同的芯模冲切而得到，由于采用冲切技术形成电磁钢板 160 的磁铁保持孔 146 的模型片可以移动地安装在模具上，因此在金属板冲切出电磁钢板 160 时可以避免在电磁钢板 160 上形成磁铁保持孔 146。从而，转子铁心 142 可以与电磁钢板 160 整体制成，而且如果是压铸铝件，则可以制成启动鼠笼导体。

因为上述的结构，另一端上也需要端板，与前述的第二十实施例的情况相同，通过铆接或卷边突出部分 150a 来固定端板的工作仅与端板 148

有关，因此，与前述第十九实施例相比，可以进一步减小装配步骤。

第二十二实施例（图 53 和 54）

下面将参考图 53 和 54 描述本发明第二十二最佳实施例，其中，图 53
5 是在转子铁心轴端的电磁钢板的平面图。图 54 是转子 141 的局部放大图。

参考图 53 和 54，参考数字 163 表示布置在转子铁心 141 的一个轴端的电磁钢板，参考数字 164 表示一个突出部，该突出部在电磁钢板 163 与永久磁铁 145 的配合位置向内突出。因此，永久磁铁 145 在与之配合的电磁钢板 163 内的突出部分 164 轴向配合。

10 根据图 53 和 54 所示的实施例，可以显著减少永久磁铁 145 不同磁极穿过电磁钢板 163 前后的短路磁通量，由此提高电动机的性能。可以注意到，虽然电磁钢板 163 是用与其他电磁钢板所用相同的芯模冲切而得到，但是，由于形成突出部分 163 的模型片可以移动地安装在模具上，因此转子铁心 142 可以与电磁钢板 163 整体制成。

15

第二十三实施例（图 55 到 57）

参考图 55 到 57 描述本发明的第二十三实施例，其中，图 55 是根据本发明的用于自动启动同步电动机的整个转子的纵截面图，图 56 是转子在端板固定之前的纵截面图，图 57 是图 56 所示端子的端视图。参考图
20 56 和 57，端板 171 外圆周上有径向突出部分 171a，另一方面，在压铸铝制成的短路环 170 的内圆周上有径向凹槽 170a，其形状与端板 171 上的径向突出部分 171a 互补。端板 171 上的径向突出部分 171a 与短路环 170 上相应的径向凹槽 170a 配合好后，短路环 170 内径向凹槽 170a 的周边被图 55 中的 170b 轴压变形，从而将端板 171 固定到转子铁心 2 上。

25 根据第二十三实施例，只要按上述方式将短路环 170 内的径向凹槽 170a 压变形就可以容易地完成端板的固定，因此，可以有利地减少装配步骤。

可以注意到，如果永久磁铁由稀土金属如 Nd-Fe-B 制成，那么就可以获得强的磁力，因此，转子和电动机可以做成一个尺寸小、重量轻的整
30 体。

还注意到，在前述任何一个实施例中，转子有两个磁极，但是也可以有四个磁极。另外，虽然在前述任何一个实施例中，将两个相同极性的板状永久磁铁以端对端的方式衔接起来组成一个单极，但是本发明不仅限于此，可以用单个永久磁铁或三个或多个极性相同的板状永久磁铁组成一个单极。同样地，虽然已经采用板状型式的永久磁铁，但是本发明并不限于此，本发明同样可以用于采用比如弓形或其他任何合适形状

5 永久磁铁。

第二十四实施例（图 60 到 62）

10 参考图 60 到 62 描述本发明的第二十四最佳实施例，其中，图 60 是根据本实施例的用于自动启动同步电动机中的转子的纵截面图，图 61 是图 60 所示转子的横截面图，图 62 是图 61 中用 196 表示的圆圈部分的局部放大图。

现在参考图 60 到 62，参考数字 181 表示转子，参考数字 182 表示由一层电磁钢板作成的转子铁心。参考数字 183 表示与短路环 184 一起整体制成的传导杆，短路环 184 位于转子铁心 182 的轴两端，采用压铸铝技术形成一个启动鼠笼导体。参考数字 185 表示容纳在磁铁保持孔 186 内的永久磁铁，每一对相同极性的板状永久磁铁端对端地衔接为 V 形，从而形成一个单极转子磁极。由于转子中用四个永久磁铁 185 形成两个

15 20 转子磁极，因此整个转子有两个磁极。

桥部 187 的形状是它有一个窄部 187a 和一个宽部 187b，宽部的宽度沿径向从窄部 187a 向外变大。由于磁饱和出现在窄部 187a 处，因此可以有利地防止永久磁铁 185 相对磁极前后之间的磁通量短路。

还有，由于相邻永久磁铁 185 的各自端面 185a 与桥部 187 之间有一个空间 188，因此，可以有利地防止永久磁铁 185 的端面内 185a 的相对磁极之间的磁通量短路。

25

参考数字 189 表示屏障长孔，用来防止两个相邻不同磁极永久磁铁之间限定的磁通量短路，该长孔在压铸铝期间被注入铝。在每个屏障孔 189 和每个磁铁保持孔 186 之间是转子铁心 182 的桥部 191，它被作成宽度较小的形状，在该桥部 191 发生磁饱和，从而防止从永久磁铁 185 两极

30

散发的磁通量短路。另外，每一个永久磁铁 185 的一个端面与相邻桥部 191 之间有一个空间 192，可以有利地防止永久磁铁 185 的端面内的相对磁极之间的磁通量短路。参考数字 193 表示由非金属材料作成的端板，用来保护永久磁铁 185。用铆钉 194 将该端板 193 轴向固定到转子铁心 182 5 的两轴。参考数字 195 表示限定在转子内的支撑孔。

根据第二十四实施例，在电磁钢板叠层制成的转子铁心 182 中用压铸铝制成启动鼠笼导体之后，可以将永久磁铁 185 插进对应的磁铁保持孔 186 中来组装转子 181，随后用铆钉 194 将端板 193 铆接到转子铁心 182 的轴向两个端面上。

10 压铸铝后，当短路环在铝冷却期间沿径向方向收缩时，转子铁心也受到径向向内作用的收缩压力的影响。但是，由于转子铁心 182 的桥部 191 设置在每个屏障长孔 189 的两侧，其位置靠近各自的屏障长孔 198，如图 58 所示，所以，与该收缩压力相反的力很高以至于转子铁心 182 外径的切向收缩应力很小。

15 另一方面，由于桥部 187 仅设在一个位置，因此在该位置沿转子铁心 182 的一个内径方向作用的应力很大。为了避免这一点，可以减小用来防止磁通量磁路磁饱和的桥部 187 的窄部 187a 的径向方向的长度，另一方面，紧接窄部 187a 设有宽部 187b，由此使得与桥部 187 的径向收缩力相反的力较大，可以防止在靠近桥部 187 的一个位置沿转子铁心 182 20 的内径方向出现应力。

同样的，转子铁心 182 的外径形状基本相同，因此，如果选择外径使得冲切转子铁心 182 的电磁钢板时，保持外径和转子铁心内径之间的间隙为一个预定尺寸，那么压铸铝之后，可以省去为提供预定尺寸间隙所需要的研磨转子铁心外径的步骤。

25 虽然在前述任何一个实施例中，单极是通过将两个相同极性的板状永久磁铁以端对端方式衔接得到，然而本发明并不限于此，可以用一个永久磁铁或三个或更多个相同极性板状永久磁铁形成单极。同样地，虽然永久磁铁已经使用板状的型式，但是本发明并不限于此，本发明同样可以用在采用弓形或任何其他合适形状永久磁铁的转子中。

30 因此，根据本发明的第二十四实施例，不但可能防止永久磁铁之间的

磁通量短路以保证高性能，而且可以省掉研磨外径的步骤，因此可以提供高性能、廉价的自动启动同步电动机。

第二十五实施例（图 63）

5 图 63 是用来形成根据该实施例的自动启动同步电动机转子的电磁钢板的平面图。现在参考该图，参考数字 51 表示一块电磁钢板，若干个电磁钢板层叠起来构成转子铁心。这样形成转子铁心之后，转子铁心由压铸铝形成转子铁心内的启动鼠笼导体。参考数字 203 表示磁铁保持孔；参考数字 204 表示每一对永久磁铁的桥部 F。参考数字 205 表示防止磁
10 通量短路的屏障长孔；参考数字 206 表示一个桥部；参考数字 207 表示铆钉孔，铆钉穿过铆钉孔将端板固定到转子铁心的每个轴端面上；参考数字 208 表示一个支撑孔。用双点划线表示压铸铝之后插进去的永久磁铁，转子内形成有两个磁极。

电磁钢板 201 的外径设置为 $R1$ ， $R1$ 足以使转子和在转子一端的转子
15 铁心的内径之间的间隙满足预定尺寸，外径 $R1$ 向转子磁极的一个中点逐渐增大，以便转子磁极中部的外径 $R2$ 可以大于外径 $R1$ 。通过冲切上述形状的电磁钢板并且将预定数量的电磁钢板层压以形成转子铁心，利用压铸铝形成启动鼠笼导体，之后将永久磁铁装到转子铁心上。

压铸铝之后，冷却时短路环（未示）经受一个径向收缩力，该短路环
20 形成于启动鼠笼导体的转子铁心的轴向两端面上，在短路环收缩的影响下，转子铁心的外径随之径向收缩。

这时，由于转子铁心的电磁钢板 201 的转子磁极端有限定在两个位置的桥部 206，因此与内径方向上的收缩力相反的力很大以至于转子铁心的外径 $R1$ 实际不会变化。但是，由于在转子磁极中部的桥部 264 只限定在一个位置，因此该力很低，以至于在收缩力的影响下转子铁心外径
25 $R2$ 沿径向收缩。同时，如果选择外径 $R2$ 在收缩后为 $R1$ ，那么转子铁心外径整个可以基本保持为圆形。

应当注意到，尽管在图 63 中，用双点划线表示了收缩后的外径 $R1$ ，但是为了帮助理解，夸大了 $R1$ 和 $R2$ 之间尺寸的差别。

30 虽然在前述实施例中，是将两个相同极性的板状永久磁铁以端对端的

方式衔接起来组成一个单极，但是本发明不仅限于此，可以用单个永久磁铁或三个或多个极性相同的板状永久磁铁组成一个单极。

5 根据本发明的第二十五实施例，由于压铸铝之后的转子铁心外径基本为圆形，并且由于可以利用模子预冲切得到它和转子铁心内径之间的间隙，因此不需要研磨转子铁心的外径，从而减少了装配步骤。另外，由于压铸铝是在永久磁铁和端板还没有配合时就进行的，因此可以容易地进行该项工作而不会出现零件故障，从积累效应来看，提高了产量。

10 虽然参考附图结合最佳实施例已经描述了本发明，但是应当注意到，本领域技术人员显然可以进行各种变化和修改。应当明白这些变化和修改包括在随后权利要求书所限定的本发明的范围内，除非与之背离。

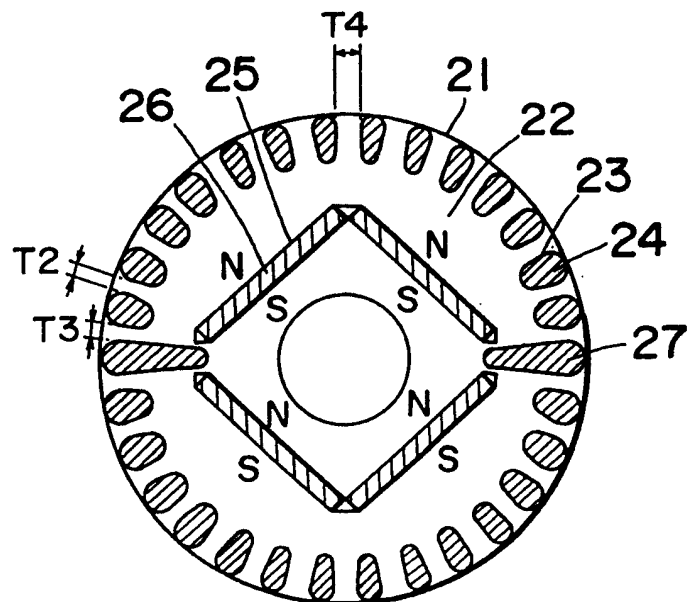


图 1

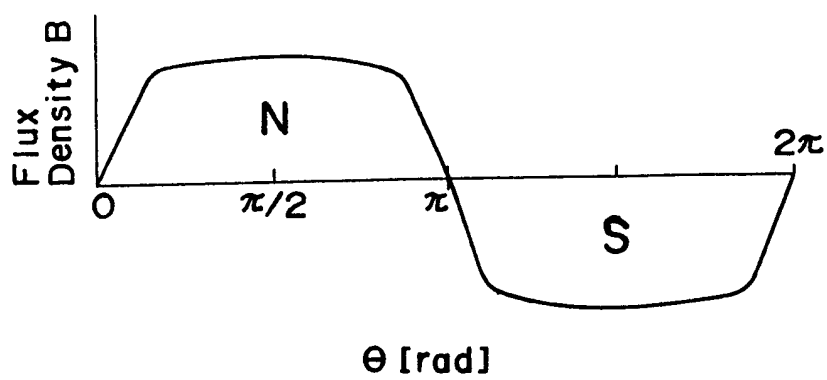


图 2

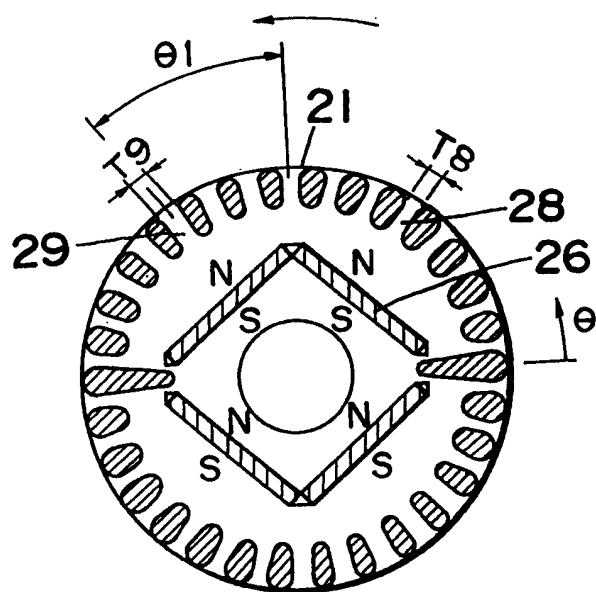


图 3

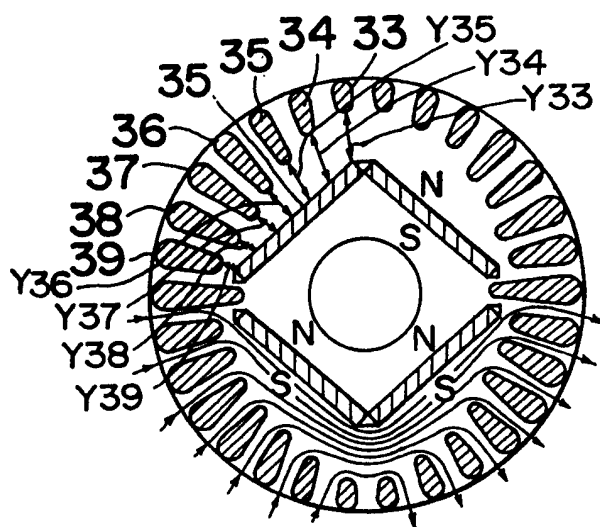


图 5

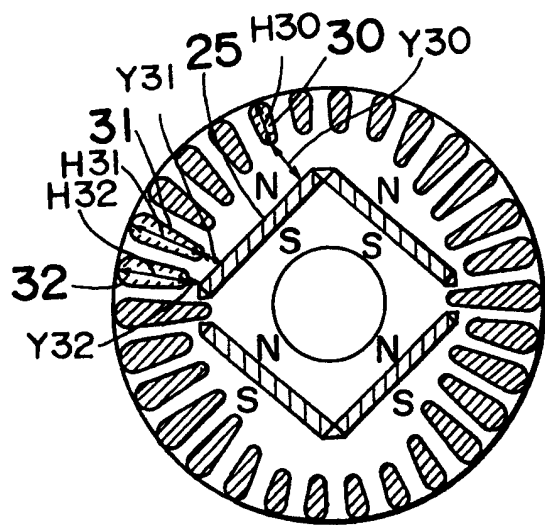


图 4

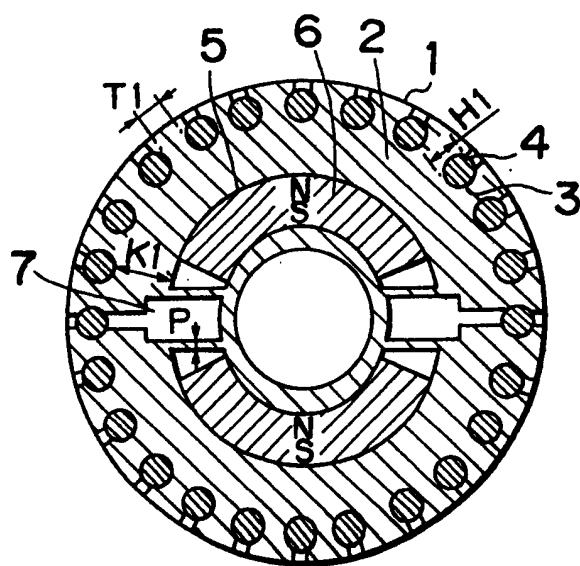


图 6

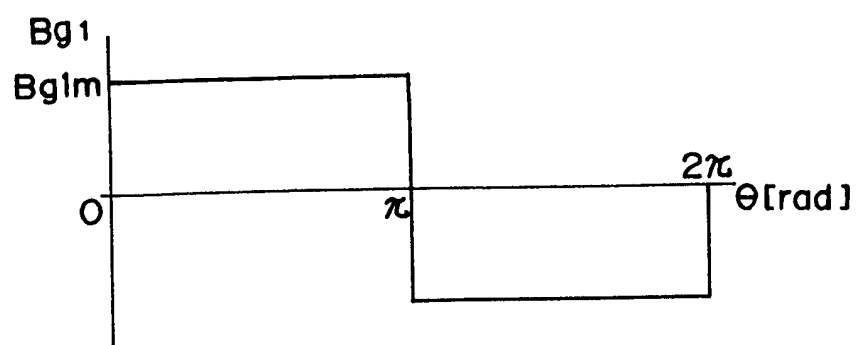


图 7

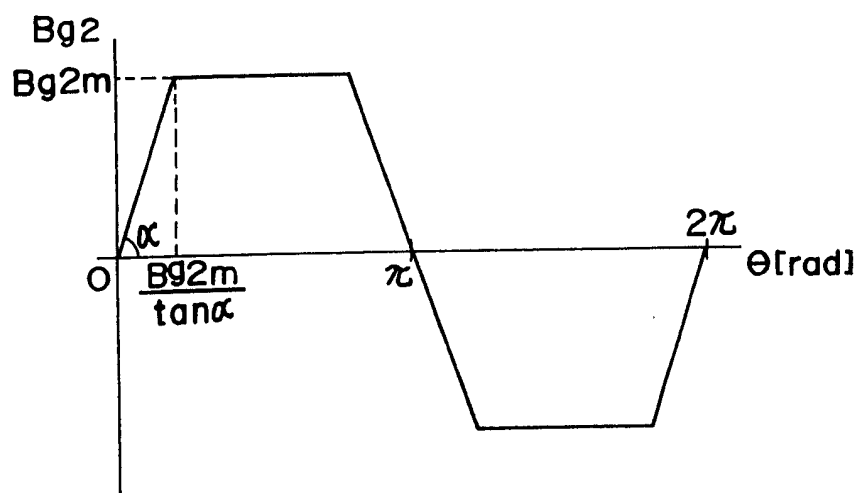


图 8

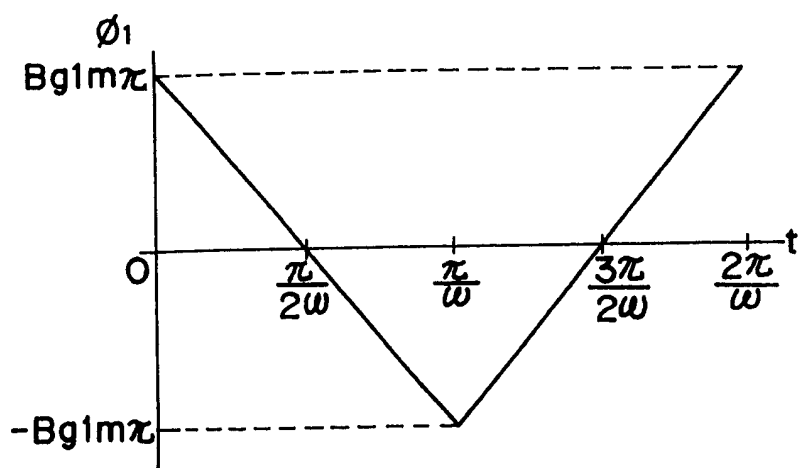


图 9

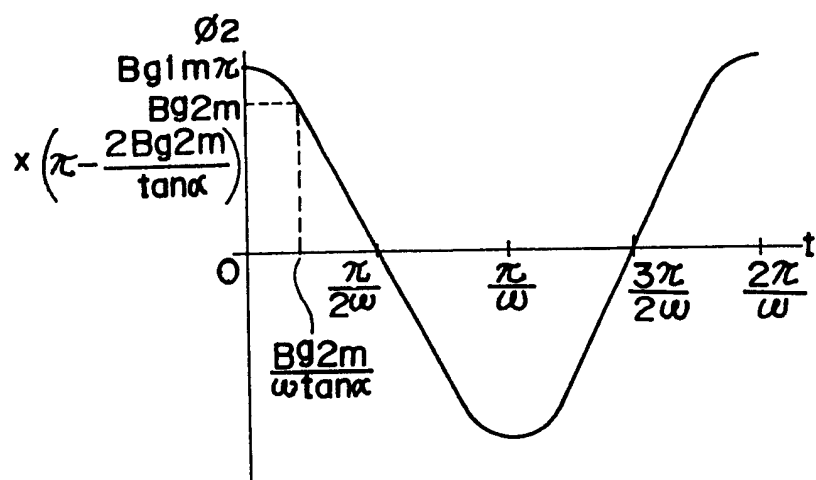


图 10

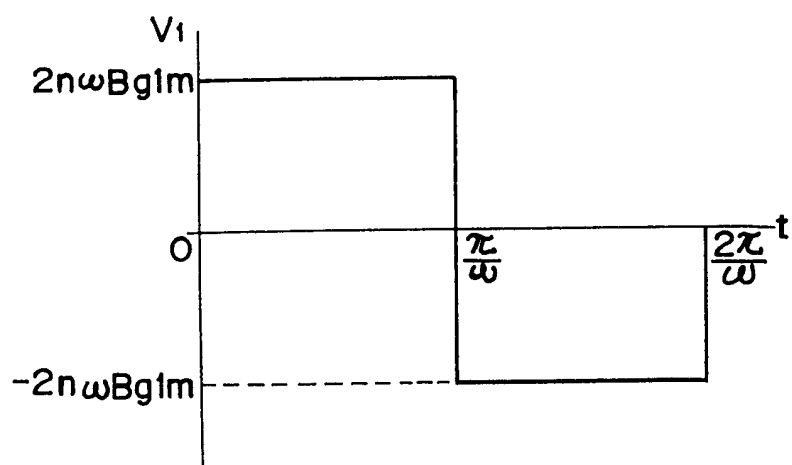


图 11

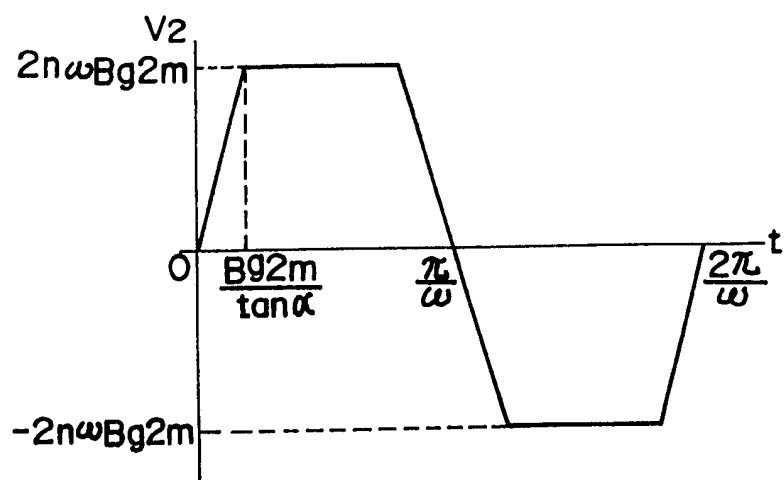


图 12

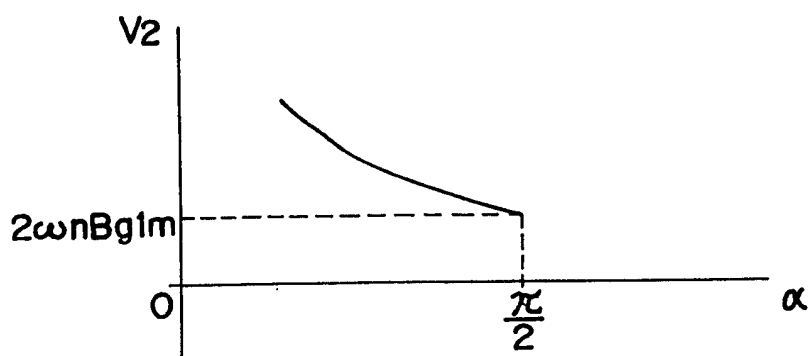


图 13

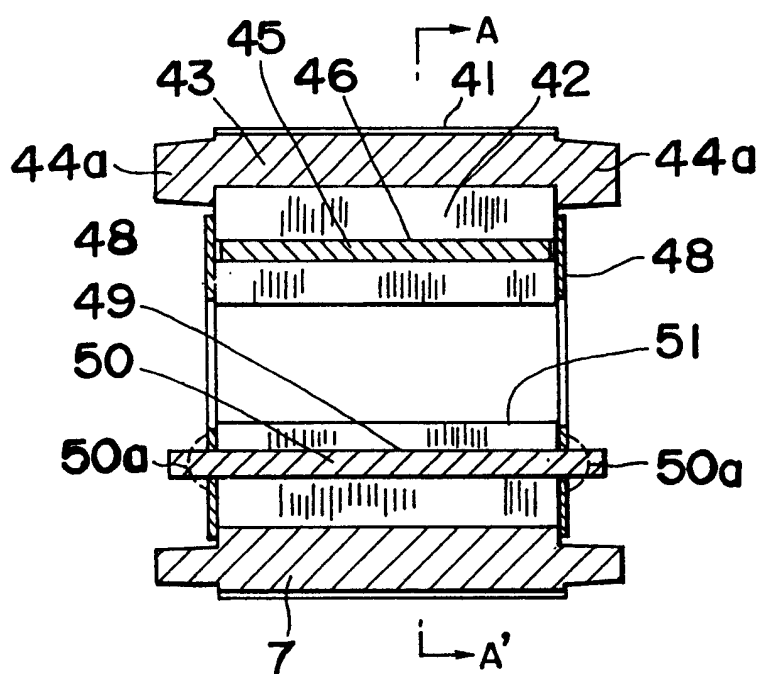


图 14

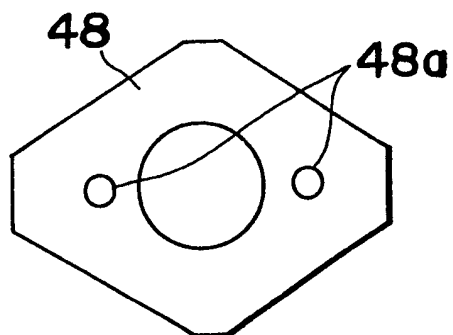


图 16

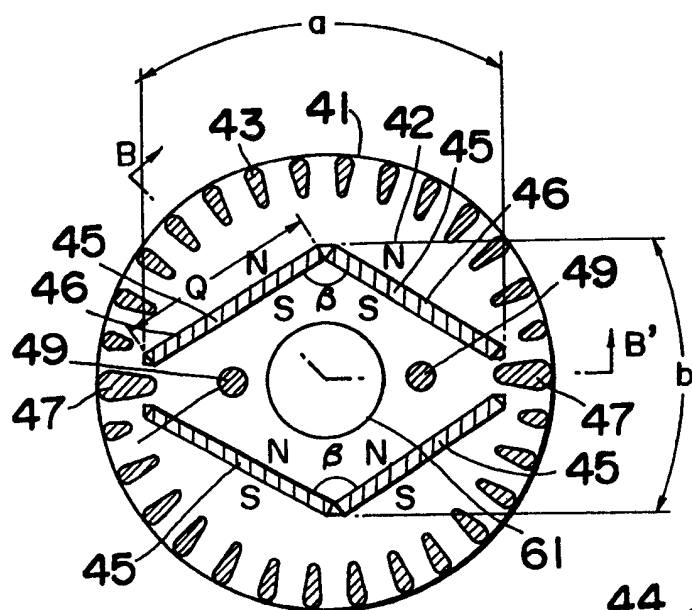


图 15

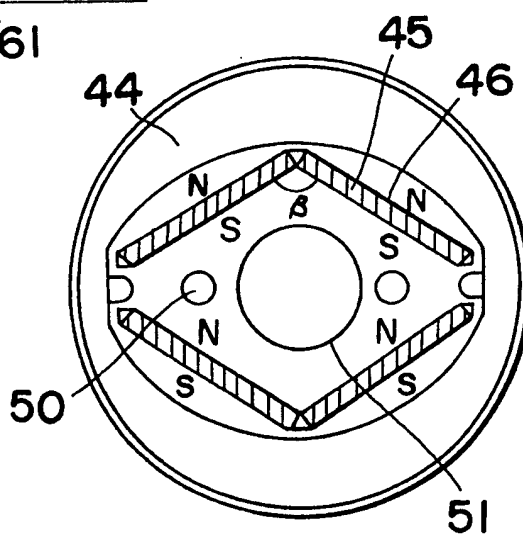


图 17

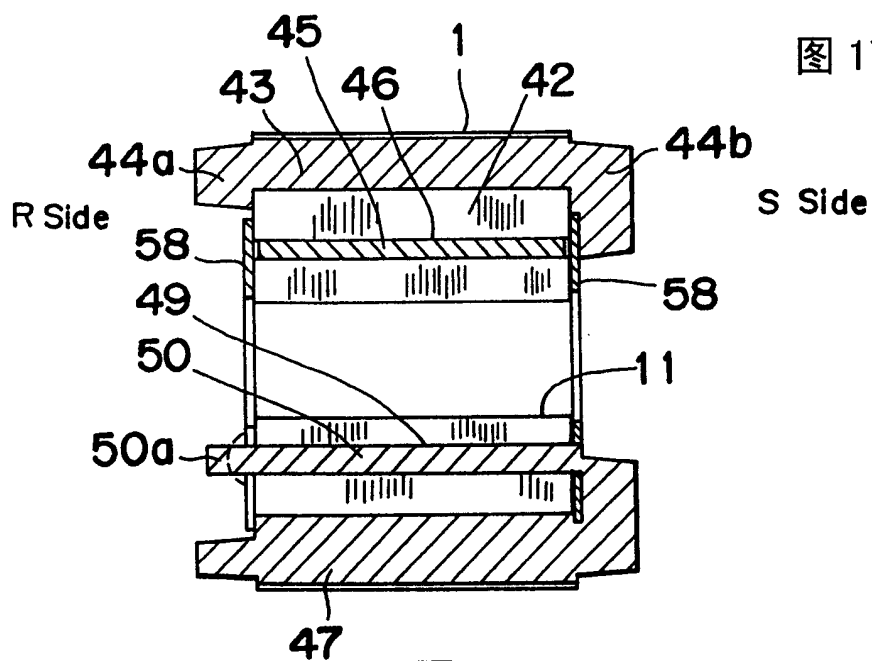


图 18

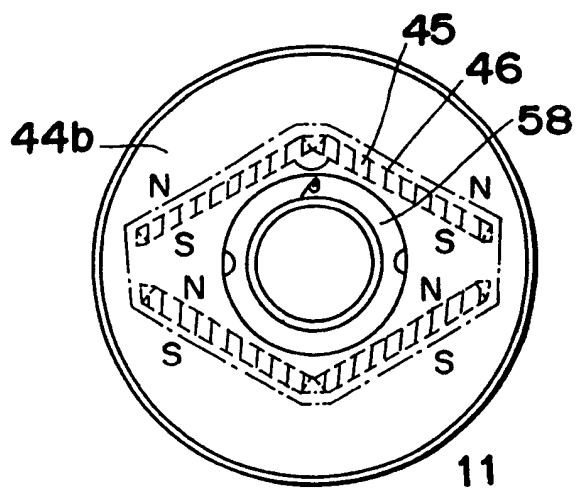


图 19

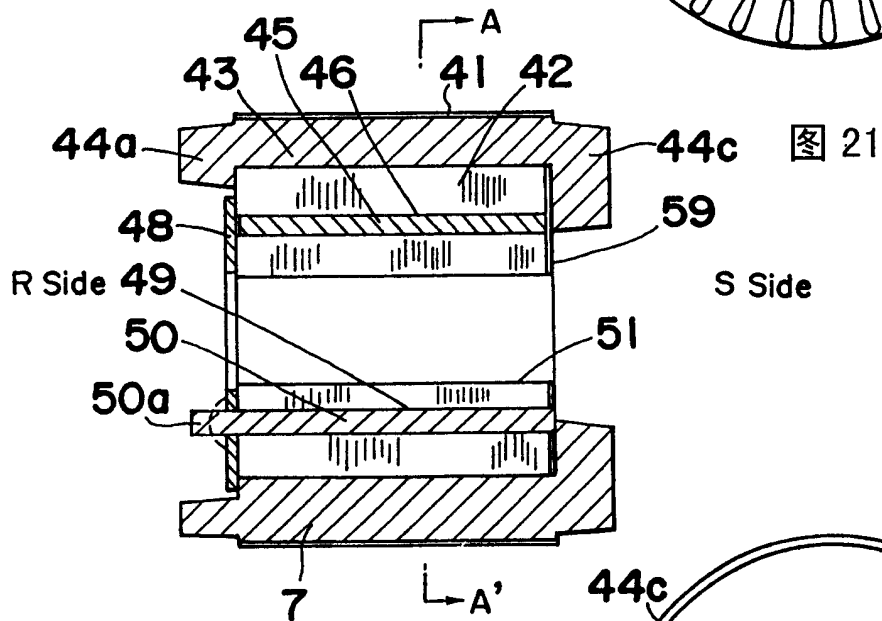
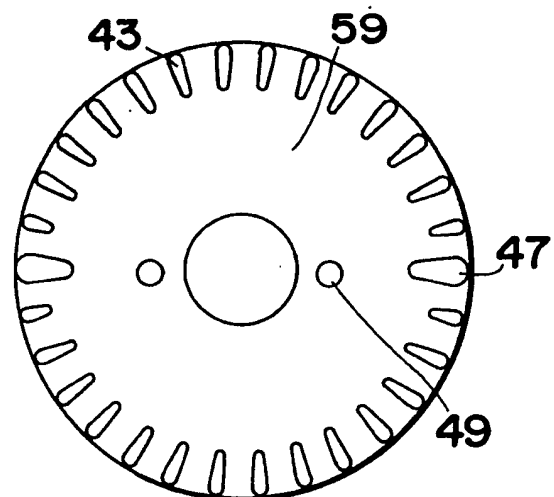


图 20

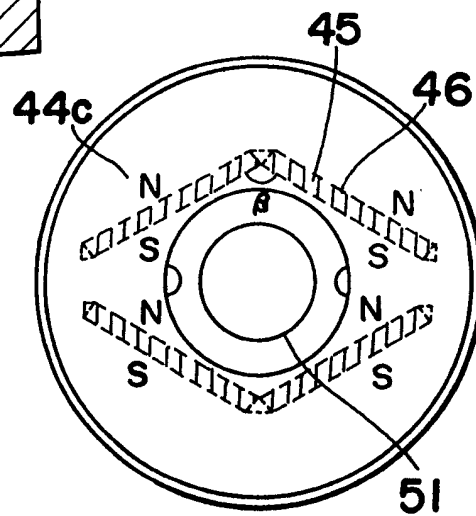


图 22

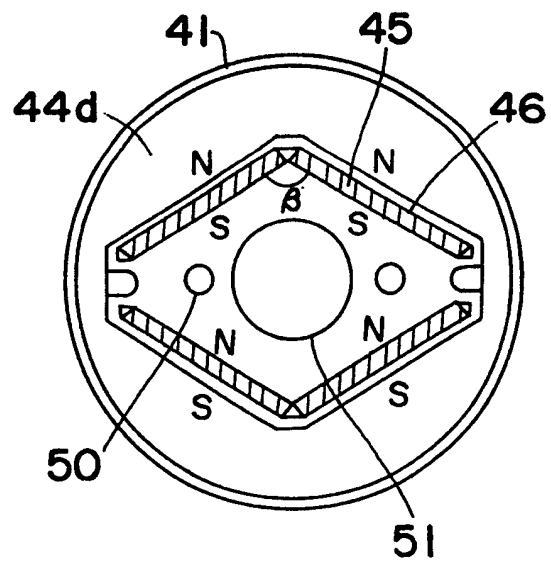


图 23

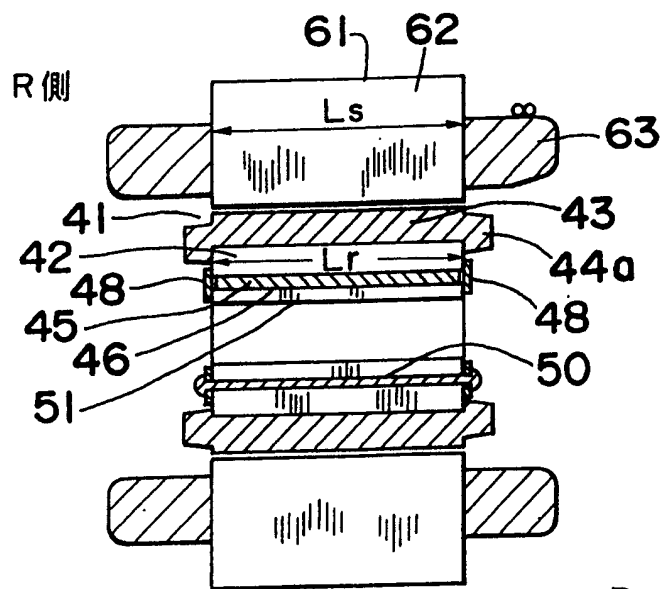


图 24

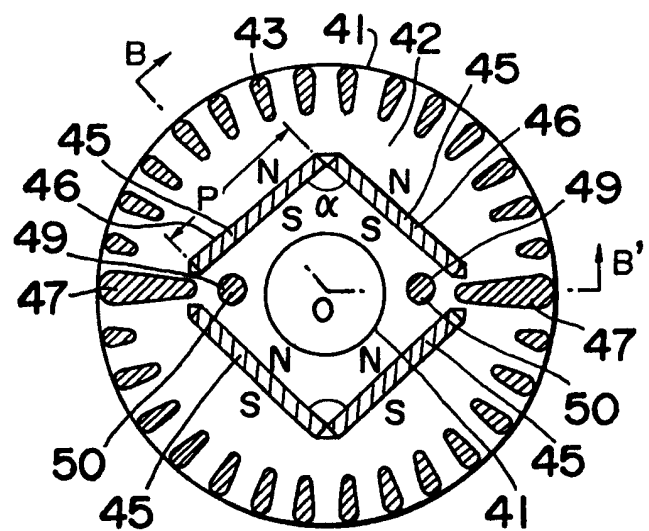


图 25

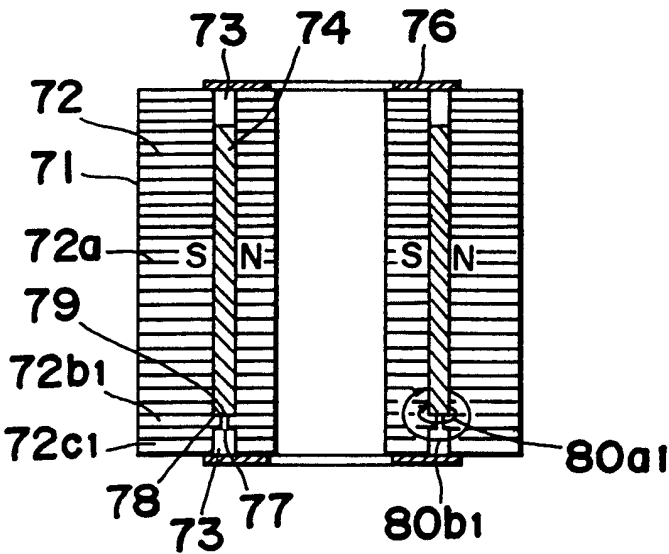


图 26

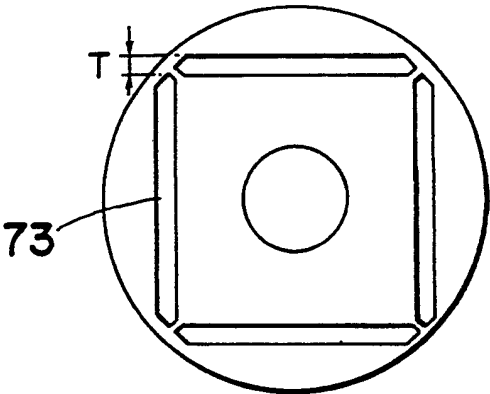


图 27

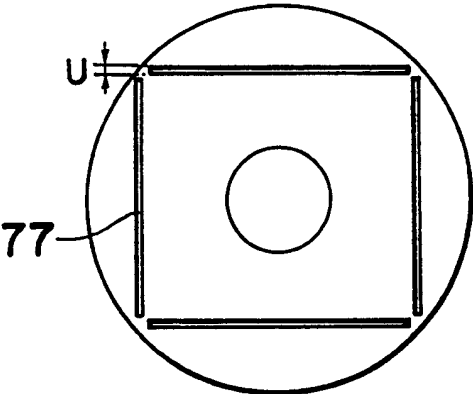


图 28

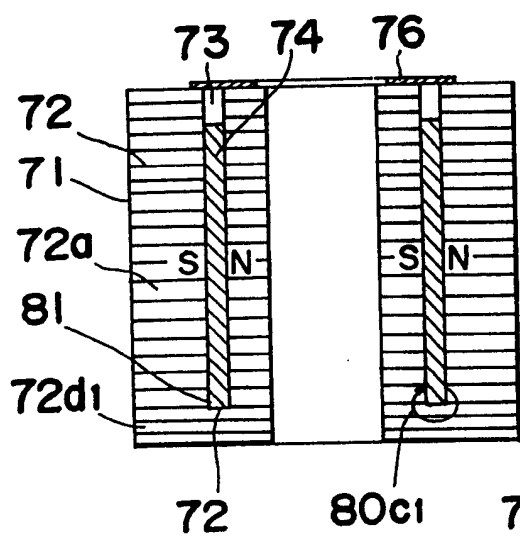


图 29

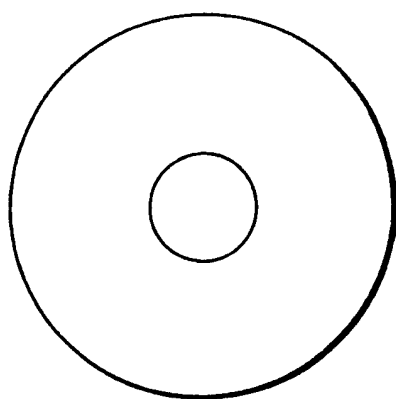


图 30

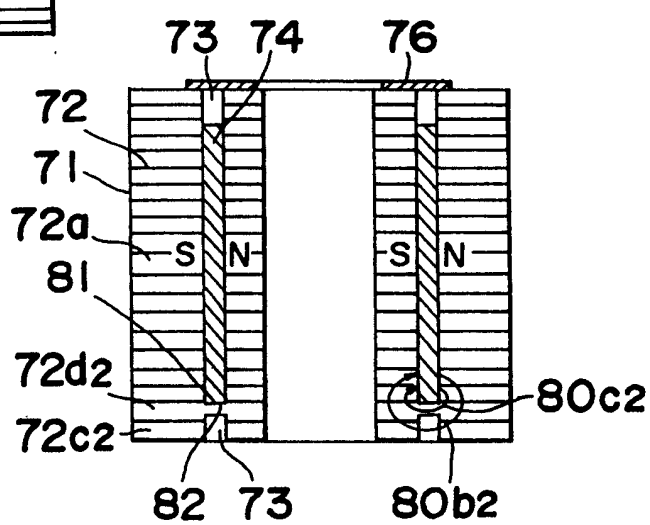


图 31

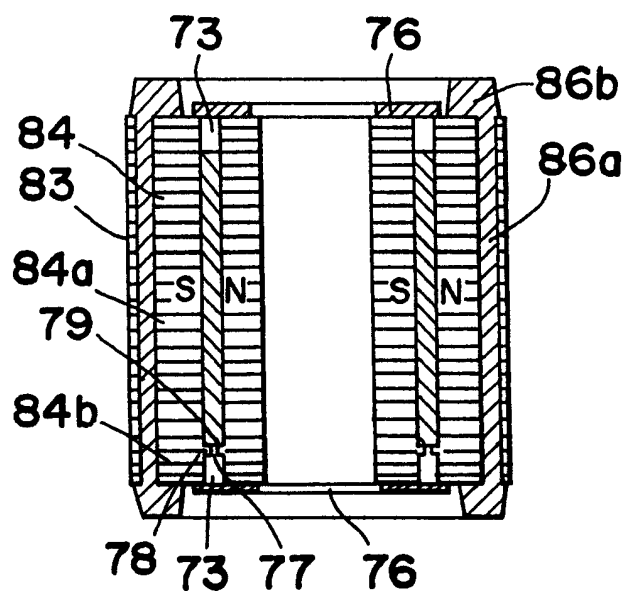


图 32

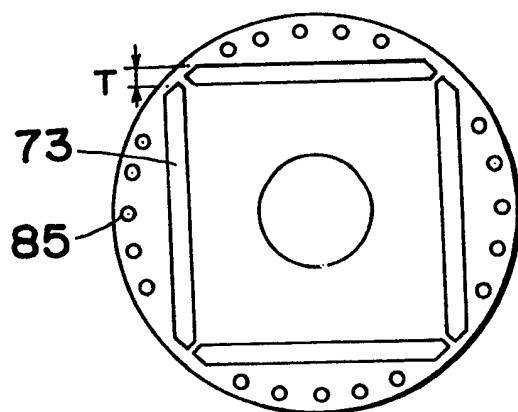


图 33

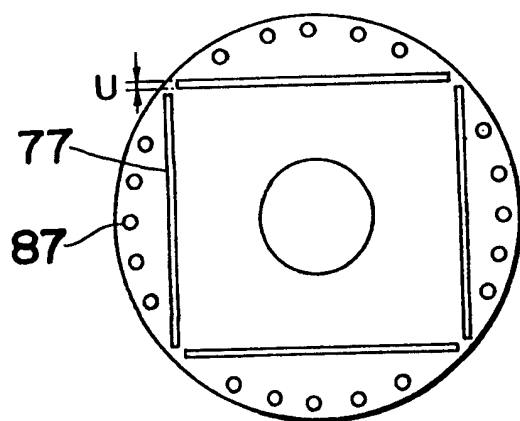


图 34

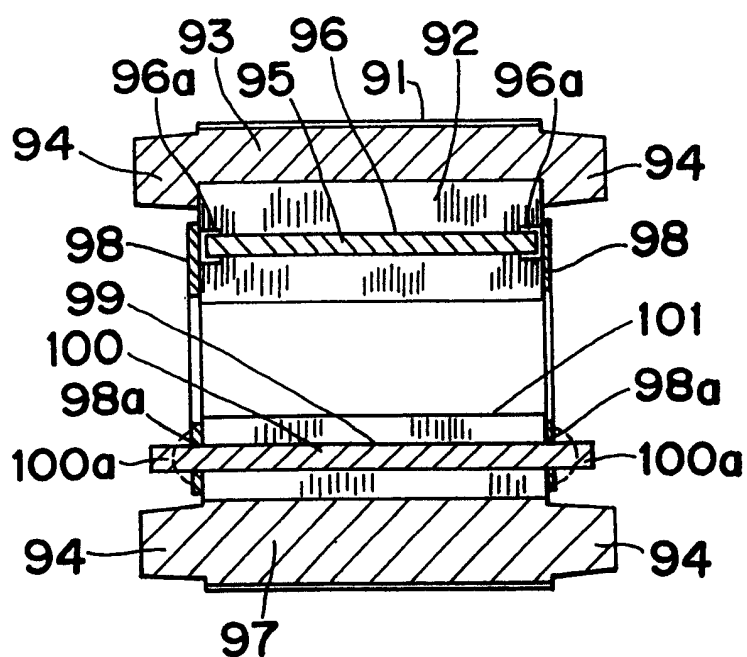


图 35

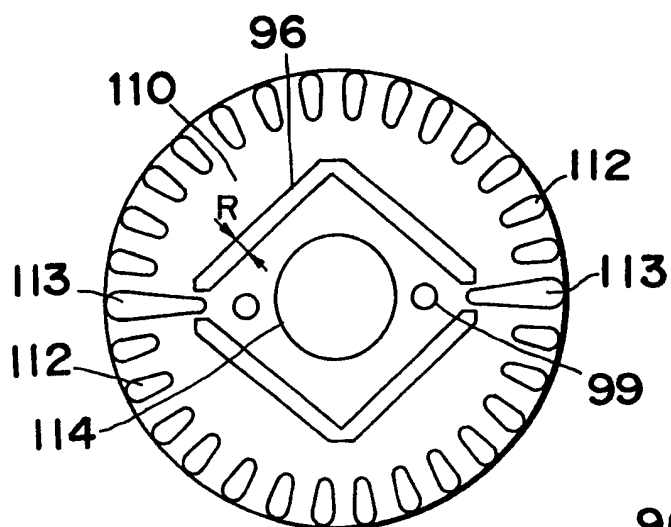


图 36

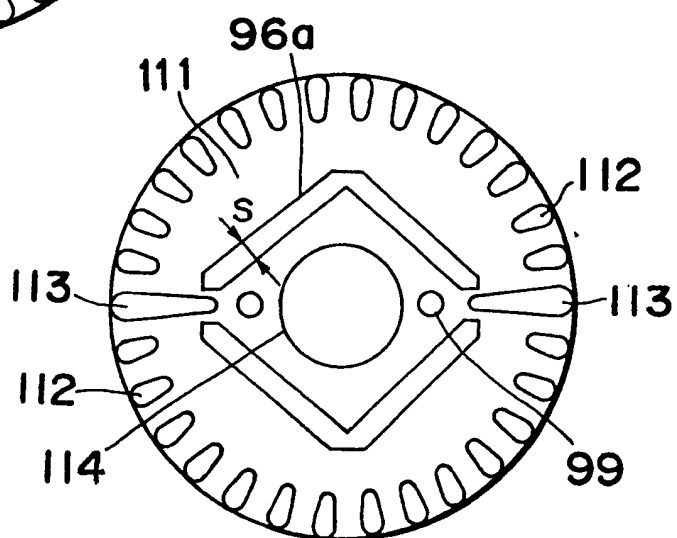


图 37

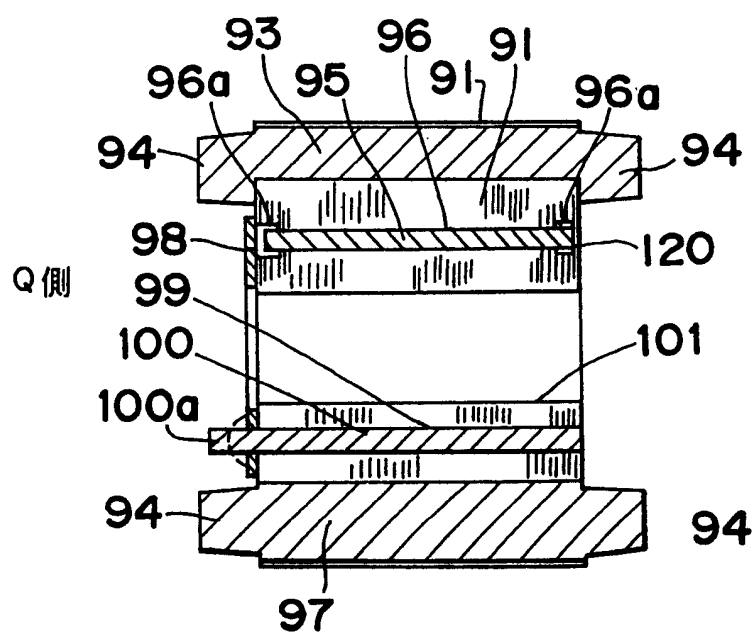


图 38

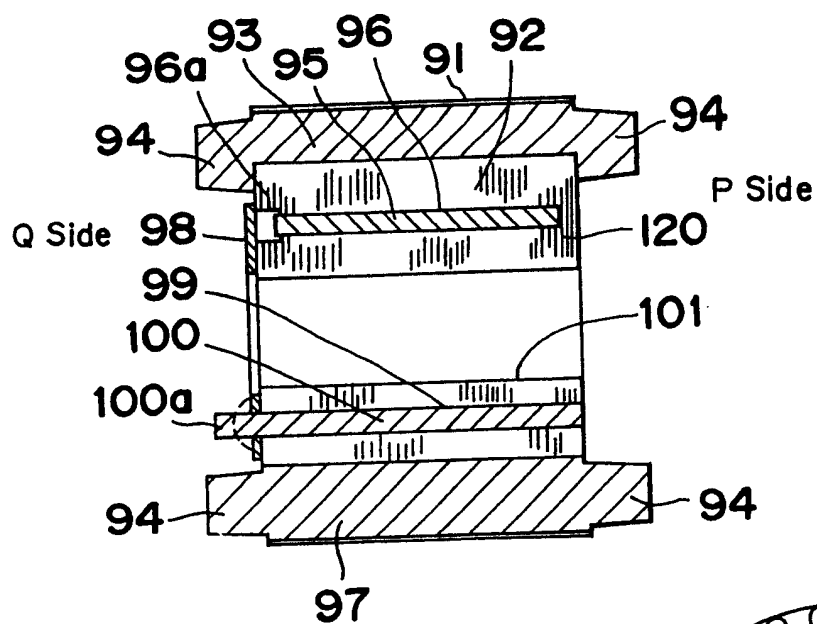


图 40

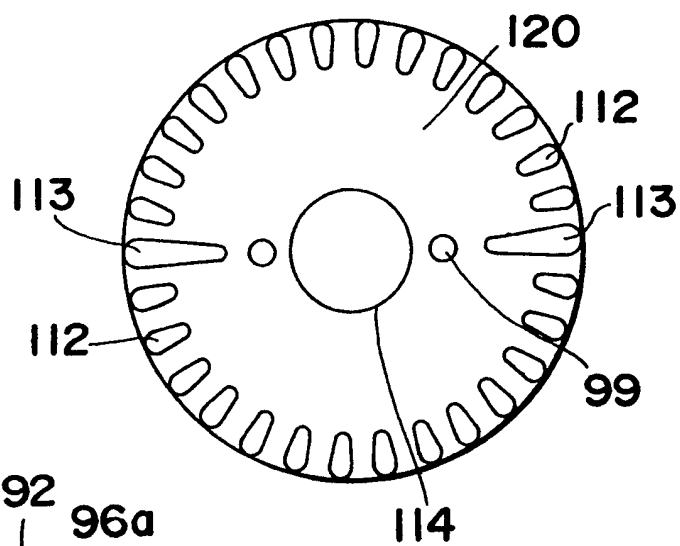


图 39

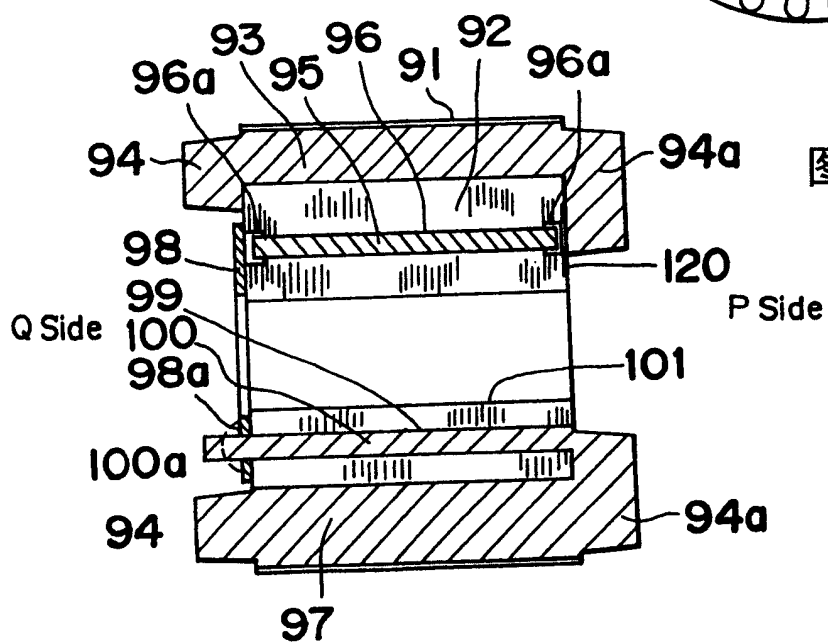


图 41

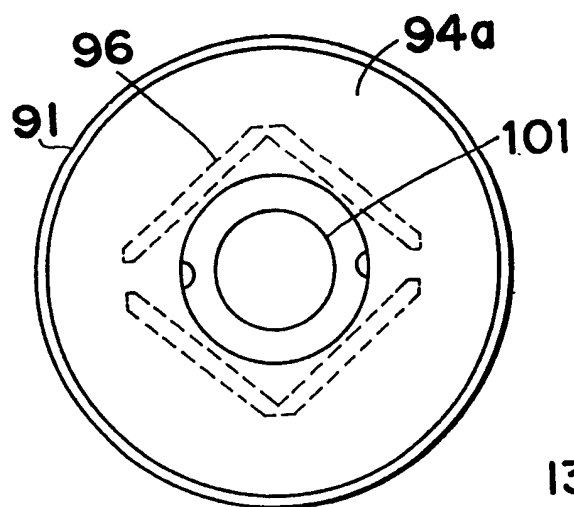


图 42

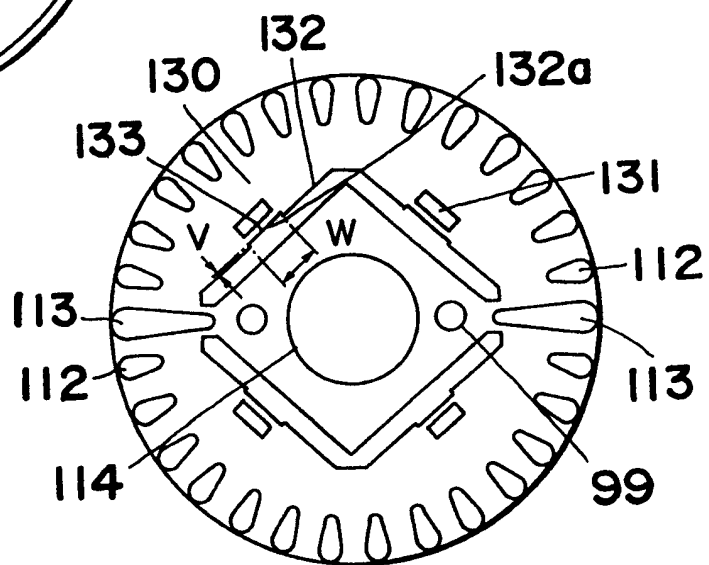


图 43



图 44

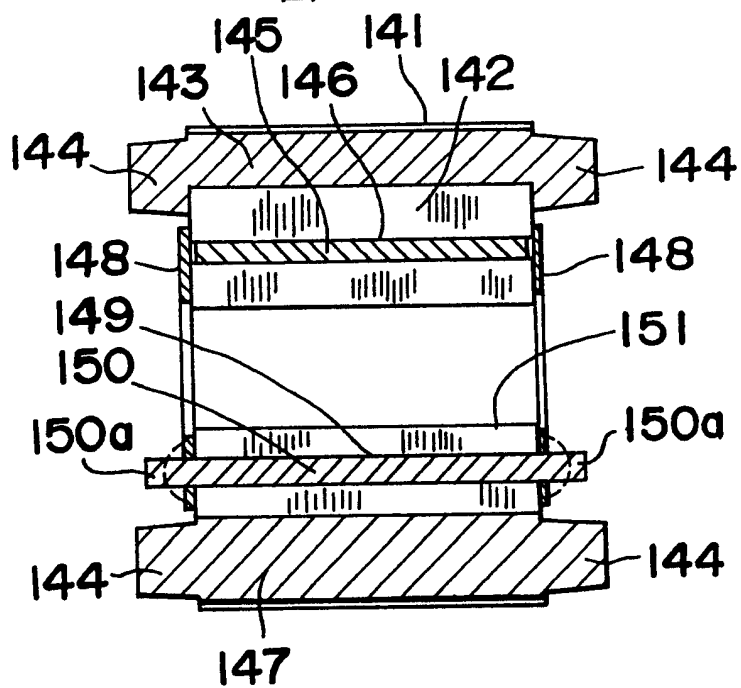


图 45

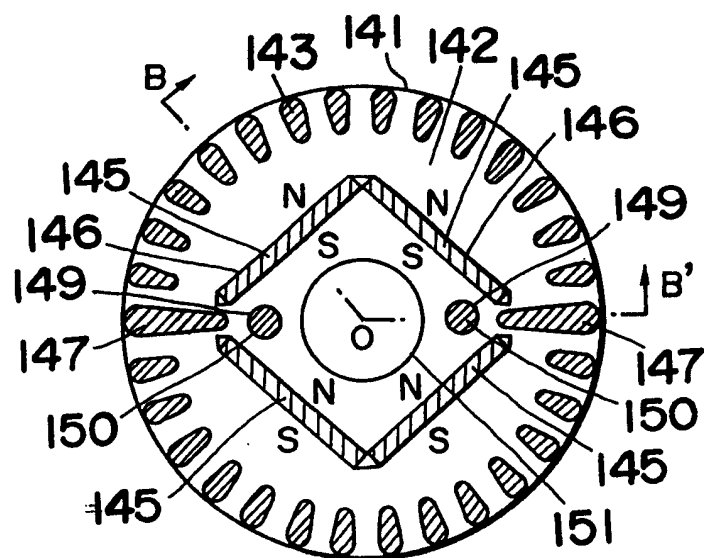


图 46

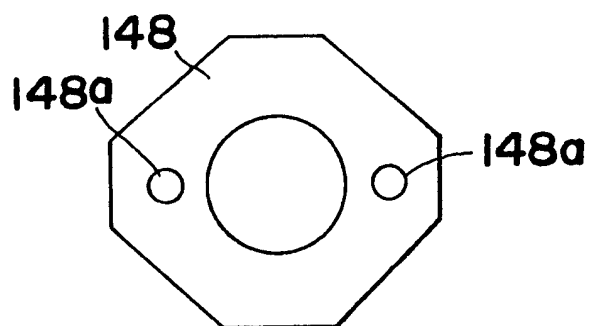


图 47

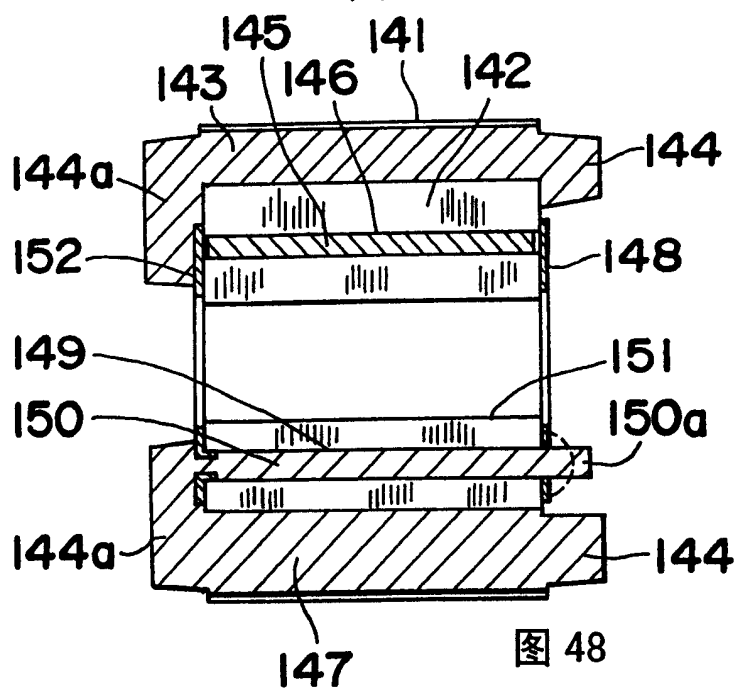


图 48

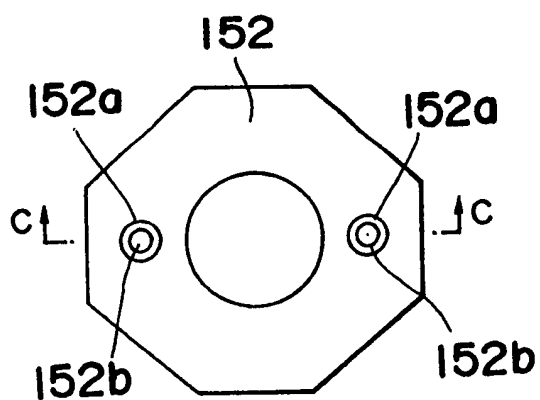


图 49

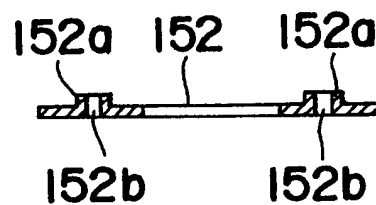


图 50

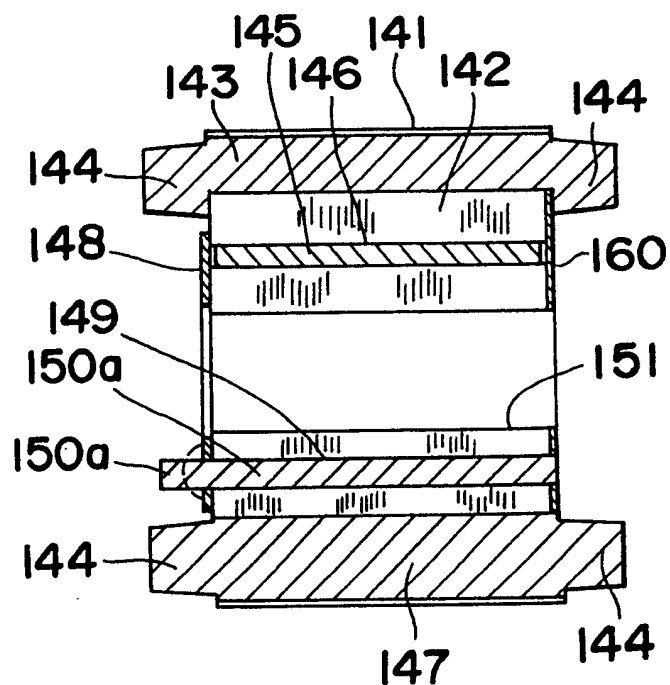


图 51

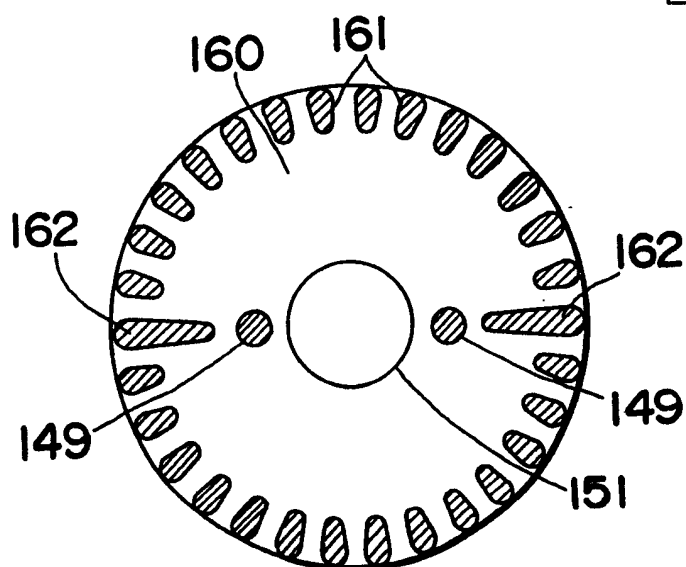


图 52

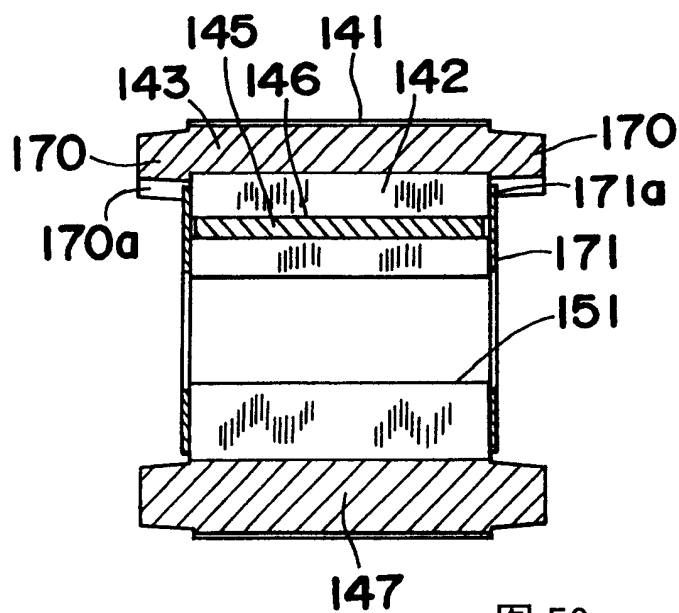


图 56

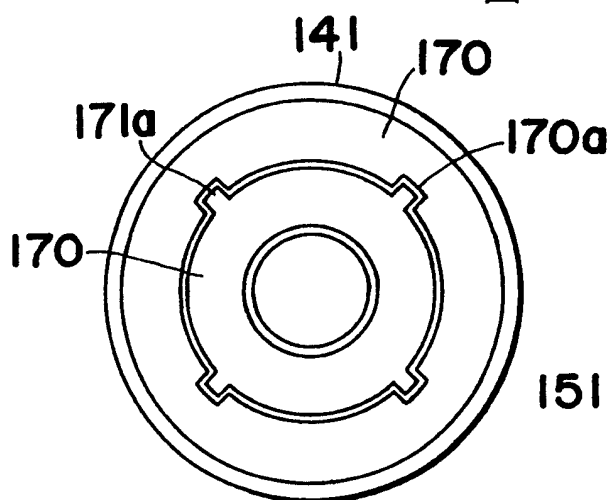


图 57

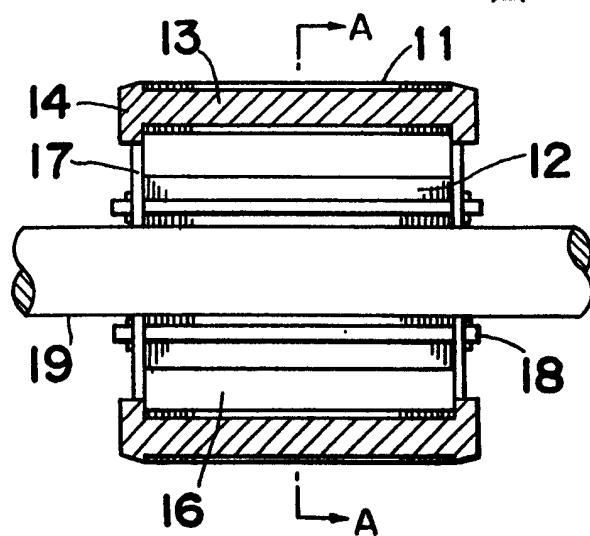


图 58

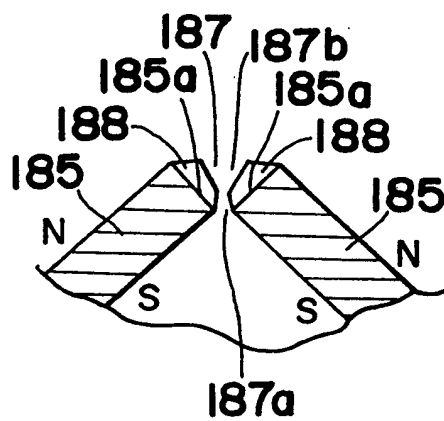


图 62

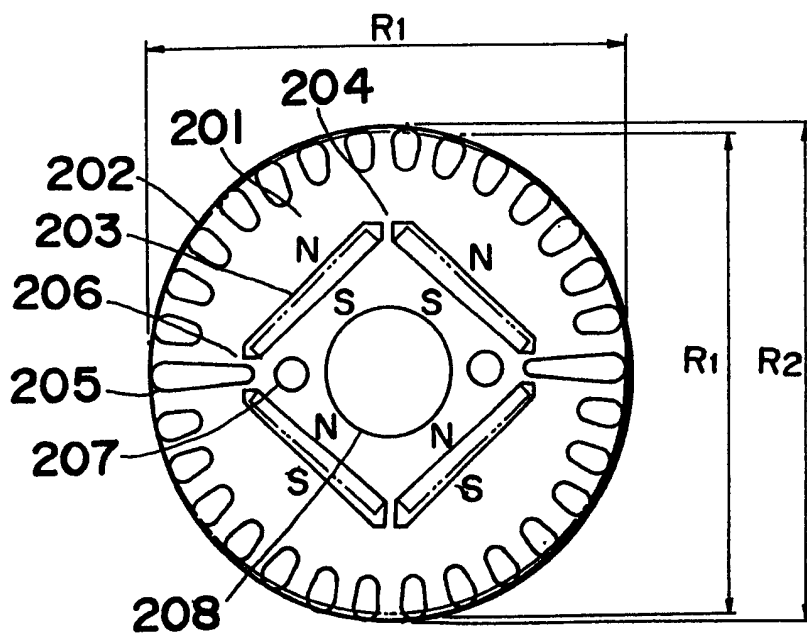


图 63