(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 1825737 B
(45)授权公告日 2010.09.29

(21)申请号 200610005827.7

(22)申请日 2006.01.10

(30)优先权数据
2005-049918 2005.02.25 JP

(73)专利权人 株式会社日立制作所
地址 日本东京都

(72)发明人 小室又洋 佐通祐一 小原木春雄 榎木裕治

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 朱丹

(51)Int.Cl.
H02K 21/14(2006.01)
H02K 1/27(2006.01)
H02K 29/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 2321160 A,1999.05.26, 摘要,及图 1.
JP 特开平 10-163055 A,1998.06.19, 摘要,说明书第 4-6 段.
CN 1234589 A,1999.11.10, 说明书第 13 页,实施例 11、实施例 12、实施例 13、表 12、附图 6.

审查员 黄涛

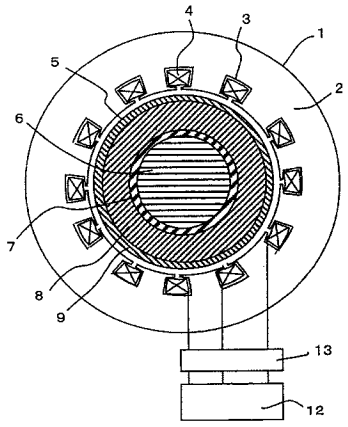
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54)发明名称

永久磁铁式旋转机

(57)摘要

高电阻磁铁在用于旋转机时的,没有涉及高次谐波电流成分的规定,出于损失降低的电流波形控制就成为了课题。该波形控制如下:驱动该永久磁铁式同步电动机的自逆变器供给的高次谐波电流成分的含有率,在基波设为 100%时,5 次的含有率为 A,7 次的含有率为 B,11 次的含有率为 C,7 次的含有率 B 在 20%以下,并且满足 A < C < B 的关系。并且,永久磁铁含有磁性粉及氟化物。



CN 1825737 B

1. 一种永久磁铁式旋转机，其特征在于，具备：缠绕有绕组的定子铁心；转子，其具有永久磁铁相对于所述定子铁心旋转可能地被支撑，

并且，在所述永久磁铁上形成有层状的氟化物，该氟化物与所述永久磁铁的母相相比为 2 倍以上的高电阻，并且，所述层状的氟化物的厚度为 1 ～ 100000nm，

其中，所述氟化物是非晶质的氟化物，由 MxFyOz 表示，其中，M 为原子代码从 12 至 90 的元素中的 1 种或多种的金属元素，X 为从 1 到 5，Y 为从 1 到 10，Z 为从 1 到 10。

2. 一种永久磁铁式旋转机，其特征在于，具备：缠绕有绕组的定子铁心；转子，其具有永久磁铁相对于所述定子铁心旋转可能地被支撑，设流经所述绕组的电流的基波成分的含有率为 100％时的第 5 次高次谐波成分的含有率为 A，第 7 次高次谐波成分的含有率为 B，第 11 次高次谐波成分的含有率为 C 时，A ＜ C ＜ B 且 B 为 20％以下，

并且，在所述永久磁铁上形成有层状的氟化物，该氟化物与所述永久磁铁的母相相比为 2 倍以上的高电阻，并且，所述层状的氟化物的厚度为 1 ～ 100000nm，

其中，所述氟化物是非晶质的氟化物，由 MxFyOz 表示，其中，M 为原子代码从 12 至 90 的元素中的 1 种或多种的金属元素，X 为从 1 到 5，Y 为从 1 到 10，Z 为从 1 到 10。

3. 一种永久磁铁式旋转机，其特征在于，具备：缠绕有绕组的定子铁心；转子，其具有永久磁铁相对于所述定子铁心旋转可能地被支撑，设流经所述绕组的电流的基波成分的含有率作为 100％时的第 5 次高次谐波成分的含有率为 A，第 7 次高次谐波成分的含有率为 B，第 11 次高次谐波成分的含有率为 C，第 13 次高次谐波成分的含有率为 D，第 17 次高次谐波成分的含有率为 E，第 19 次高次谐波成分的含有率为 F 时，$(A^2+B^2+C^2+D^2+E^2+F^2)0.5$ 为 20％以下，

并且，在所述永久磁铁上形成有层状的氟化物，该氟化物与所述永久磁铁的母相相比为 2 倍以上的高电阻，并且，所述层状的氟化物的厚度为 1 ～ 100000nm，

其中，所述氟化物是非晶质的氟化物，由 MxFyOz 表示，其中，M 原子代码从 12 至 90 的元素中的 1 种或多种的金属元素，X 为从 1 到 5，Y 为从 1 到 10，Z 为从 1 到 10。

4. 根据权利要求 1 所述的永久磁铁式旋转机，其特征在于，所述磁性粉是 NdFeB、SmCo 或 SmFeN，在所述磁性粉的表面有氟化物。

5. 根据权利要求 2 所述的永久磁铁式旋转机，其特征在于，所述磁性粉是 NdFeB、SmCo 或 SmFeN，在所述磁性粉的表面有氟化物。

6. 根据权利要求 3 所述的永久磁铁式旋转机，其特征在于，所述磁性粉是 NdFeB、SmCo 或 SmFeN，在所述磁性粉的表面有氟化物。

7. 根据权利要求 1 所述的永久磁铁式旋转机，其特征在于，所述永久磁铁的比电阻是 0.3mΩcm 以上。

8. 根据权利要求 2 所述的永久磁铁式旋转机，其特征在于，所述永久磁铁的比电阻是 0.3mΩcm 以上。

9. 根据权利要求 3 所述的永久磁铁式旋转机，其特征在于，所述永久磁铁的比电阻是 0.3mΩcm 以上。

永久磁铁式旋转机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种永久磁铁式旋转机。

[0002] **背景技术**

[0003] 特開 2004-153924 号公报（以下称专利文献 1）是作为现有的旋转机的例子。在专利文献 1 中记载了在转子具有永久磁铁的旋转机。

[0004] 专利文献 1 特開 2004-153924 号公报

[0005] **发明内容**

[0006] 在专利文献 1 所记载的旋转机中，要求进一步提高效率。本发明的目的在于，提供一种高效率的永久磁铁式旋转机。

[0007] 本发明的一个特征在于，永久磁铁式旋转电机，具备缠绕了绕组的定子铁心，和由具有永久磁铁相对于所述定子铁心旋转可能地被支撑的转子，在所述永久磁铁上形成有层状的氟化物，该氟化物与所述永久磁铁的母相相比为 2 倍以上的高电阻，并且，所述层状的氟化物的厚度为 1 ～ 100000nm，其中，所述氟化物是非晶质的氟化物，由 MxFyOz 表示，其中，M 为原子代码从 12 至 90 的元素中的 1 种或多种的金属元素，X 为从 1 到 5，Y 为从 1 到 10，Z 为从 1 到 10。

[0008] 根据本发明，提供一种高效率的永久磁铁式旋转机，能降低在永久磁铁式旋转机的永久磁铁中的涡流损。

[0009] **附图说明**

[0010] 图 1 是本发明的一个实施例的永久磁铁式旋转机的径向剖面。

[0011] 图 2 是本发明的一个实施例的永久磁铁式旋转机的轴向剖面。

[0012] 图 3 是本发明的一个实施例的逆变器运转时的电流波形图。

[0013] 图 4 是本发明的一个实施例的永久磁铁式旋转机的径向剖面。

[0014] 图 5 是本发明的一个实施例的永久磁铁式旋转机的径向剖面。

[0015] 图 6 是本发明的一个实施例的永久磁铁式旋转机的径向剖面。

[0016] 图 7 是本发明的一个实施例的用于永久磁铁式旋转机的磁铁用磁性粉

[0017] 图 8 是本发明的一实施例的用于永久磁铁式旋转机的磁铁用磁性粉的剖面 TEM 观察照片。

[0018] 符号说明

[0019] 1…永久磁铁式旋转机，2…定子铁心，3…切槽，4…电枢绕组，5…转子，6…轴，7…电磁钢板或非晶形环，8…永久磁铁，9…增强材，10…中间套筒，11…密封材，12…逆变器，13…电抗器，14…低电阻磁铁。

具体实施方式

[0020] 根据本发明的实施例，高速永久磁铁式旋转机，具有 ：永久磁铁式同步电动机，其具有，在定子铁心的多个的切槽 (slot) 中缠绕安装有电枢绕组的定子，和含有高电阻的氟化物的永久磁铁，在其外周设有增强材的转子 ；逆变器 (inverter)，其驱动永久磁铁式同

步电动机，其中，从逆变器供给到永久磁铁式旋转机的高次谐波电流成分的含有率形成为：在基波作为 100％时，5 次的含有率为 A，7 次的含有率为 B，11 次的含有率为 C，将 7 次的含有率 B 设为 20％以下，并且满足 A ＜ C ＜ B 的关系。

[0021] 并且，所述永久磁铁式同步电动机，具有：在定子铁心的多个的切槽中缠绕安装了电枢绕组的定子；在导电磁铁的轴的外周设有高电阻的永久磁铁，并在其外侧设有增强材的转子，其中，由驱动该永久磁铁式同步电动机的逆变器所供给的高次谐波电流成分的含有率形成为：在基波为 100％时，5 次的含有率为 A，7 次的含有率为 B，11 次的含有率为 C，13 次的含有率为 D，17 次的含有率为 E，19 次的含有率为 F，通过 $(A^2+B^2+C^2+D^2+E^2+F^2)^{0.5}$ 计算出的综合含有率为 20％以下。

[0022] 而且，在所述高电阻的永久磁铁上，采用含有氟的无机物构成的高电阻层，从而降低由高次谐波电流所致的磁铁部的损失。

[0023] 此外，在高电阻的永久磁铁上形成有层状的氟化物，该氟化物与永久磁铁的母相相比为高电阻，因为在母相的居里温度以下是稳定的，所以旋转机即使在局部形成高温也没有问题。

[0024] 永久磁铁的磁通量，通过转子的轴、CFRP 或者高强度材，而导向定子。永久磁铁式旋转机，由基频的数百 Hz 以上的逆变器驱动时，来自逆变器的高次谐波磁通量发生。此高次谐波的有力次数为基频的 5 倍、7 倍、11 倍、13 倍、17 倍、19 倍，由各构成材而使高次谐波损失发生。若此高次谐波损失以轴计为数 kW，则高速的永久磁铁式旋转机变得不成立。为了此课题的解决，而在永久磁铁中采用高电阻磁铁。该高电阻磁铁是在磁铁内部或者表面形成了由以下的层的磁铁：即包含含有氟的化合物的层，如含有 BaF_2、CaF_2、MgF_2、SrF_2、LiF、LaF_3、NdF_3、PrF_3、SmF_3、EuF_3、GdF_3、TbF_3、DyF_3、CeF_3、HoF_3、ErF_3、TmF_3、YbF_3、LuF_3、LaF_2、NdF_2、PrF_2、SmF_2、EuF_2、GdF_2、TbF_2、DyF_2、CeF_2、HoF_2、ErF_2、TmF_2、YbF_2、LuF_2、YF_3、ScF_3、CrF_3、MnF_2、MnF_3、FeF_2、FeF_3、CoF_2、CoF_3、NiF_2、ZnF_2、AgF、PbF_4、AlF_3、GaF_3、SnF_2、SnF_4、InF_3、PbF_2、BiF_3，或者由表示为 MxFy 的含有氟的层，其中 M 是从原子代码 12 至 90 的元素，x 为 1-5，y 为 0.1-10，或者在所述 MxFy 中以 10 原子％以下的浓度，混合氧、碳、硼、氮等的轻元素的层。在所述氟化物中，在不改变氟化物的结晶构造的范围内，也可以包含氧和碳、氮等的杂质或缺陷。作为所述杂质的化合物和氟化物的混合体的氧化物和氟化物的混合，也可以是碳化物和氟化物的混合或氮化物和氟化物的混合物。并且，也可以是多个的氟化物的层。这些层状氟化物层，有着 10mΩcm 以上的比电阻，但如果是母相的 2 倍以上的电阻则可以确认到损失降低的效果。并且层状氟化物的厚度为 1 ～ 100000nm。在经过涂布工序而形成层状氟化物时，层状氟化物内的氟化物颗粒的大小为 100nm 以下。在层状氟化物内，在上述氟化物以外，即使有显示母相的 2 倍以上的电阻的异相，也能够确认到损失降低的效果。形成母相的磁铁，由 NdFeB 系、SmCo 系、SmFeN 系等的稀土元素，和含有强磁性过渡性金属的合金系构成。通过采用上述的高电阻磁铁，并且在逆变器与永久磁铁式旋转机之间插入电抗器 (reactor)，由逆变器供给于永远磁铁式旋转机的高次谐波成分的含有率调整为：在设基波为 100 时，5 次的含有率为 A，7 次的含有率为 B，11 次的含有率为 C，7 次的含有率设在 20％以下，并且满足 A ＜ C ＜ B 的关系，从而能够提供一种降低了损失的永久磁铁旋转机。并且，在永久磁铁旋转机的转子的轴外周设有电磁钢板或压粉铁的环，并且在逆变器与永久磁铁式旋转机之间插入电抗器，设从逆变器供给到永远磁铁式旋转机的高次谐波电流成分的含有率为 A，7 次

的含有率为 B，11 次的含有率为 C，13 次的含有率为 C，13 次的含有率为 D，17 次的含有率为 E，19 次的含有率为 F，通过 $(A^2+B^2+C^2+D^2+E^2+F^2)^{0.5}$ 计算出的综合含有率满足 21％以下，通过如上调整，能够减少轴的高电阻磁铁部的高次谐波损失。

[0025] 在本发明的实施例中，在永久磁铁中，在所述高电阻的稀土类永久磁铁的内部或表面形成有层状的氟化物，特别是通过在含有稀土类元素的材料的表面形成氟化物，可确保高电阻及耐腐蚀性。如果形成含有稀土元素的氟化物，或含有从原子代码 12 至 90 中的 1 种以上的元素和氟的材料，则氟化物的外侧没有特别限制，也可以使用 Ni 和 Cr、Cu 等的金属或者合金膜，SiO_2 和 Al_2O_3 等的氧化膜，TiN 等的氮化膜，环氧树脂等的有机材料。本实施例，抑制含有稀土类元素 R-Fe-B(R 为稀土类元素）系或 R-Co 系磁铁的能积降低而高电阻化，通过在转子中使用此磁铁，而成为能够降低损失的磁铁电机。在所述的磁铁电机中，包含混合动力汽车的驱动用、起动机用、电动动力转向装置用，也包含离心分离机、吸尘器、电动机、发电机、锭子 (spindle) 等的高速电机。

[0026] 以下，说明本发明的实施例。图 1 表示本发明的一个实施例的永久磁铁式旋转机的径向剖面图，图 2 表示本发明的永久磁铁式旋转机的轴向剖面图。在图中，定子由缠绕安装在设于定子铁心 2 的多个的切槽 3 中的三相 U、V、W 的电枢绕组 4 构成。转子 5，由以下构件构成：在磁体或非磁体轴 6 的外周的中间套筒 (sleeve)10；在中间套筒 10 的外周的电磁钢板或非晶形环 7；在电磁钢板或非晶形环 7 的外周的电阻 0.3mΩcm 以上的永久磁铁 8；在永久磁铁 8 的外侧的由碳纤维或非晶体组成的增强材 9。转子 5 的配置如图 2 所示，在中间套筒 10 的外周侧，依次为电磁钢板或非晶形环 7、高电阻永久磁铁 8、增强材 9，以密封材 11 将其固定于中间套筒 10 的端部之后，进行高电阻永久磁铁 8 的磁化，并安装于轴 6。对于显示高电阻的永久磁铁的磁化所必要的磁场，在母相为 NdFeB 系时是 20kOe。由定子和转子 5 构成的永久磁铁式旋转机，根据永久磁铁 8 的磁极位置，通过电抗器 13，将电流从逆变器 12 供给到电枢绕组 4，由此而旋转驱动。永久磁铁式旋转机，含有驱动空调压缩机等的叶轮，包含转数在 10000rpm 以上的高速机。根据逆变器的驱动频率的关系，电动机由高速机成为 2 极。为此驱动频率成为 167Hz 以上。因为来自此 167Hz 以上的逆变器的电流由 PWM（脉宽调制）被外加电压调整，所以高次谐波叠加，若进行频率分析，则以基频的 5 倍、7 倍、11 倍、13 倍、17 倍、19 倍被叠加。图 3 表示本发明的一个实施例的逆变器运转时的电流波形。因为由 PWM 调整外加电压，所以在电流波形中如图 3 所示，基波以外的高次谐波被叠加成为扭曲的电流波形。对于同样的波形以 5 次、7 次、11 次、13 次、17 次、19 次被叠加。因为奇数次的电流成分与旋转频率不同步，所以高次谐波的磁通量入射到转子侧。在永久磁铁非高电阻时，涡流流动而消除了高次谐波磁通量，发生涡流损。涡流使磁铁的温度上升，在由于温度上升而去磁曲线变化的磁铁中，去磁有效而磁通量减少。因此旋转机的输出降低。通过提高永久磁铁 8 的电阻，可以使上述涡流降低从而控制去磁。因为连接磁铁使用树脂作为粘合剂，所以成为高电阻，但因为粘合剂能积降低，在含有 150℃以上的高温区域和湿气和油雾等的气氛下，很难确保其可靠性。

[0027] 稀土类磁铁因为稀土类元素容易氧化，所以对有机材料的粘合剂或磁粉的有机材料的表面处理，由于氧化的防止不完全，所以经盐雾试验等容易引起磁铁的劣化。改变有机表面处理，通过在磁粉表面形成含有所述氟的层而防止氧化。含氟的层的厚度为 1-10000nm。通过使用有机粘合剂成形该形成含氟层的磁粉，从而能得到难以氧化的高电阻

磁铁。其电阻值以磁粉体积率为 50 ～ 97％计，在 15mΩcm 以上。此外，不用有机粘合剂的磁铁，或通过在 400℃以上温度使形成含有氟的层的磁粉成形，或通过使含有氟的层覆盖于成形的磁铁的表面，并层叠此磁铁，从而可以高电阻化。在含有氟的层的形成中，可以对磁粉和成形磁铁使用如下形成手法，如：含有氟的胶体状液的涂布；含有氟的化合物的 1-100nm 微粒子的涂布；由喷镀和气溶胶法 (aerosol) 对磁粉和成形磁铁的形成；气相淀积和喷溅涂覆法；CVD；PVD 等。这种含氟的层，即使形成于磁粉和成形体的表面，如果使用温度区域在磁铁的居里温度以下，则不会使磁性很大地劣化，所以其对在高温使用的磁铁也基本有效。使用气溶胶法而使磁铁形成的粉末与含有氟的粉末，附着于转子的非晶形环或电磁钢板的表面，在非晶形环或电磁钢板上形成直接厚膜磁铁，而可以制作大块的磁铁。

[0028] 由表 1 表示本发明的电流的高次谐波含有率与轴的延伸率的关系。

[0029] （表一）

[0030]

情况		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
高次谐波次数	A：5 次	1.6	1.4	2.5	8.6	7.5	9.5	5.5	3.9	8.7	4.1
	B：7 次	7.9	6.5	8	16.5	15.8	8.2	13.5	20.5	17.3	16.5
	C：11 次	4.5	3.7	5.5	6.7	8.6	4.3	4.8	5.9	5.9	6.9
	D：13 次	0.4	0.5	1.2	3.4	5.7	1.5	3.1	1.8	2.2	3.4
	E：17 次	2.9	3.5	2.8	5.5	8.5	5.4	1.6	2.8	4.1	5.5
	F：19 次	2.3	2.5	3.5	6.8	7.5	2.1	1.1	1.8	1.6	6.8
轴延伸率（%）		34	71	94	115	135	102	103	121	109	98
综合含有率（%）		9.95	8.75	11.05	21.89	23.26	14.55	15.78	22.01	20.83	20.61
A < B		○	○	○	○	○	×	×	○	○	○
A < C < B		○	○	○	×	○	×	×	○	×	○
B < 20%		○	○	○	○	×	○	○	×	○	○

[0031] 表 1 表示对应于使用输出功率 90kW 的永久磁铁式旋转机的 1 ～ 10 种情况下的高次谐波电流的含有率，将基波设为 100％，A：5 次、B：7 次、C：11 次、D：13 次、E：17 次、F：19 次的高次谐波含有率，另外将可以允许的轴的延伸率设为 100％，则各个情况的轴的延伸率，由 $(A^2+B^2+C^2+D^2+E^2+F^2)^{0.5}$ 计算出综合含有率，对于 A ＜ B 和 A ＜ C ＜ B 和 B ＜ 20％的满足判定以○ X 表示。高次谐波含有率的调整，通过 PWM 的传播频率、电抗器进行调整。根据表 1，轴的延伸率在允许值为 100％以下的，为情况 1、2、3、4、10。这些情况，以综合含有率计为 20.61％以下，A ＜ C ＜ B 和 B ＜ 20％复合情况 1、2、3、10。高速的永久磁铁旋转机可以实现的条件，是 A ＜ C ＜ B，且 B ＜ 20％和在综合含有率为 20％以下的情况。为了实现综合含有率在 20％以下，可以调整电抗器的电阻。

[0032] 在图 4 中，定子由缠绕安装在设置于定子铁心 2 的多个的切槽 3 中的三相 U、V、W 的电枢绕组 4 构成。转子 5 由如下构件构成：在磁体或非磁体轴 6 的外周的中间套筒 10；在中间套筒 10 的外周的电磁钢板或非晶形环 7；在电磁钢板或非晶形环 7 的外周的电阻 0.1-0.2mΩcm 的低电阻磁铁 14；在低电阻磁铁 14 的外侧的电阻在 0.3mΩcm 以上的永久磁铁 8；在永久磁铁 8 的外侧的由碳纤维或非晶体组成的增强材 9。对于显示高电阻的永久磁铁的磁化必要的磁场，在母相为 NdFeB 系时是 20kOe。将显示高电阻的永久磁铁配置在低电阻磁铁的外侧，是因为外周侧的一方容易受到高次谐波磁场的影响，所以出于涡流损对策

仅把外周侧作为高电阻磁铁。外转子的构造的情况，因为受到的高次谐波磁场的影响在内周侧，所以可以使仅内周侧的磁铁为高电阻。此外其他的构造同样，在磁路中，通过只在容易受到高次谐波的影响的地方使用高电阻磁铁，即能够降低涡流损。由定子 1 和转子 5 组成的永久磁铁式旋转机，根据永久磁铁 8 的磁极位置，通过电抗器 13，将电流从逆变器 12 供给到电枢绕组 4，由此而旋转驱动。永久磁铁式旋转机，含有驱动空调压缩机等的叶轮，包含转数在 10000rpm 以上的高速机。根据逆变器的驱动频率的关系，电动机由高速机成为 2 极。为此驱动频率成为 167Hz 以上。因为来自此 167Hz 以上的逆变器的电流由 PWM（脉宽调制）被外加电压调整，所以高次谐波叠加，若进行频率分析，则以基频的 5 倍、7 倍、11 倍、13 倍、17 倍、19 倍被叠加。图 4 的情况，高速的永久磁铁式旋转机能够实现的条件也是，A ＜ C ＜ B，且 B ＜ 20％和综合含有率为 20％以下的情况。

[0033] 在图 5 中，定子由缠绕安装在设置于定子铁心 2 的多个的切槽 3 中的三相 U、V、W 的电枢绕组 4 构成。转子 5 配置有：在磁体或非磁体轴 6 的外周的中间套筒 10；在中间套筒 10 的外周的电磁钢板或 Fe 系非晶形环 7；在环 7 的外周的电阻 0.3mΩcm 的永久磁铁 8。对于显示高电阻的永久磁铁的磁化必要的磁场，在母相为 SmCo 系时是 20kOe。通过将显示高电阻的永久磁铁配置在低电阻磁铁的外侧，从而在容易受到高次谐波磁场的影响的磁铁部，作为用于涡流损对策的高电阻磁铁。低速旋转的情况如图 5 所示，高电阻磁铁的外测没有必要进行特别的增强。由定子和转子 5 组成的永久磁铁式旋转机，根据永久磁铁 8 的磁极位置，通过电抗器 13，将电流从逆变器 12 供给到电枢绕组 4，由此而旋转驱动。永久磁铁式旋转机，包含转数在 10000rpm 以上的高速机。在这种电动机中，形成 3 极以上的多极。为此驱动频率依存于极数但高次谐波叠加。叠加的高次谐波，若进行频率分析，则以基频的 5 倍、7 倍、11 倍、13 倍、17 倍、19 倍被叠加。图 5 的情况同样，高速的永久磁铁式旋转机能够实现的最佳条件是，A ＜ C ＜ B，且 B ＜ 20％和综合含有率为 20％以下的情况。

[0034] 在图 6 中，定子由缠绕安装在设置于定子铁心 2 的多个的切槽 3 中的三相 U、V、W 的电枢绕组 4 构成。转子 5 如图 6 所示，将在磁体或非磁体轴 6 的外周的中间套筒 10、在中间套筒 10 的外周的电磁钢板或 Fe 系非晶形环 7、在非晶形环 7 的电阻在 0.3mΩcm 以上的永久磁铁 8，配置在由层叠钢板、压粉铁或非晶形叠片等的软磁材料构成的增强材 9 之间。在永久磁铁 8 的外侧非软磁材料的一方，表面磁通量密度变高能够得到高扭矩。永久磁铁 8，能够适用由含有含氟的高电阻层的磁性粉和树脂构成的连接磁体。连接磁体的情况，可以是磁性粉各向同性、各向异性，各向同性和各向异性的混合的任何一种的情况。另外成形方法也可以是压缩、挤压、注塑的任何一种的方法。在各向异性时，通过使用 HDDR 粉末和高温变形磁粉等的 NdFeB 系磁粉、SmCo 各向异性磁粉、SmFeN 各向异性磁粉，附加成形中的磁场，从而辐射各向异性和极各向异性等的各向异性化成为可能。含有氟的高电阻层是 1 ～ 10000nm，高电阻层的电阻在 10mΩcm 以上。此高电阻层在 200℃是稳定，不会使含有 Fe、Co、Ni、Mn 等的粉末的磁性劣化。在 NdFeB 系磁铁和 SmCo 系磁铁的情况也含有氟的高电阻层时，因为达到高温是稳定的，所以可经受从 200℃至 400℃的使用。在使用成形磁铁时，NdFeB 系烧结磁铁或 SmCo 系烧结磁铁的块体在经机械加工、研磨后，用溶胶液涂布含有氟的高电阻层。在涂布前或涂布后，也可以进行 Ni 等的镀覆。涂布而形成的高电阻层，为了减少缺陷、气孔而进行热处理、多层化，或最佳化溶胶液的制作条件、溶胶液中的微粒的构造和直径。块体间的高电阻层的厚度是 1 ～ 1000nm。对增强材 9 的高电阻化，也可以

使用含有氟的高电阻层。添加有 Fe、Co、Ni 或这些的合金、各种的第 3、4 元素的磁体的板或粉末、非晶薄带、亚稳相的粉末和薄带的表面，由含有氟的高电阻层覆盖。同上所述，涂布溶胶状液体，加热干燥，而在粉末和薄带的表面形成含有氟的层。使用气溶胶法使含有氟的粉末喷射沉积于磁性粉或磁性带状物的表面，形成含有氟的高电阻层。由于高电阻层具有耐热性，所以高电阻层形成之后，在 1000℃以下的温度加热成形，从而能够得到高密度且高电阻的软磁材料。因此，作为增强材 9 和永久磁铁 8 的组合，若像软磁材料·永久磁铁一样记述，则为：具有含氟的高电阻层的软磁材料·具有含氟的高电阻层的永久磁铁；具有不含氟的高电阻层的软磁材料·具有含氟的高电阻层的永久磁铁；具有含氟的高电阻层的软磁材料·具有不含氟的高电阻层的永久磁铁。由定子和转子 5 组成的永久磁铁式旋转机，根据永久磁铁 8 的磁极位置，通过电抗器 13，将电流从逆变器 12 供给到电枢绕组 4，由此而旋转驱动。具有含氟的高电阻层的磁性材料也适用于电抗器，可以降低损失。永久磁铁式旋转机，包含转数低于 10000rpm 的旋转机。在这种电动机中形成 3 极以上的多极。为此驱动频率依赖于极数但高次谐波也叠加。叠加的高次谐波，若频率分析则以基频的 5 倍、7 倍、11 倍、13 倍、17 倍、19 倍被叠加。图 6 的情况下，永久磁铁旋转机能实现的最佳条件也是，A ＜ C ＜ B，且 B ＜ 20％和综合含有率在 20％以下的情况。此最佳条件，具有通过电抗器的控制比以前容易的特征，可以使用廉价的电抗器。

[0035] 在将如以上的高电阻磁铁应用于电机的永久磁铁式旋转机中，通过使用电抗器，对由逆变器供给的高次谐波电流成分进行控制，由驱动永久磁铁式同步电动机的逆变器供给的高次谐波电流成分含有率，如下：在基波设为 100％时，5 次的含有率为 A；7 次的含有率为 B；11 次的含有率为 C，7 次的含有率 B 设为 20％以下，并且满足 A ＜ C ＜ B 的关系。据此，高次谐波损失大幅度减少。

[0036] 根据上述实施例，通过使氟化物含于永久磁铁，从而使在永久磁铁内部发生的涡流损降低，能够使旋转机的效率提高。

[0037] 其次，具体地说明关于用于上述永久磁铁式旋转机的永久磁铁的制作方法。首先的例子，磁性粉末也可以使用以 $Nd_2Fe_{14}B$ 作为主相的粉末直径为 1-100μm 的粉末，使用用溶媒而溶胶化的 NdF_3，在磁性粉末表面的一部分或者全部，形成结晶质或者非晶质的 NdF_3 为主要成分的膜。在磁性粉末涂布时，选择使用难以对磁性粉末的磁性或构造造成损伤的溶媒。涂布而形成的 NdF_3 的膜厚，平均为 1-10000nm。即使 NdF_2 混合于 NdF_3，对磁性粉末的磁性也无影响。在此氟化物层和磁性粉末的界面附近，可以有含有稀土元素的氧化物及微量的杂质的碳或含氧化合物。在将 $Nd_2Fe_{14}B$ 作为主相的粉末中形成 NdF_2 时，其剖面 TEM 的观察结果由图 7 和图 8 表示。图 3 是 $Nd_2Fe_{14}B$ 和 NdF_2 的界面附近的 TEM 像。没有确认到由 NdF_2 形成而在 $Nd_2Fe_{14}B$ 的一侧出现大的损伤。根据图 7、图 8 可知，形成于 $Nd_2Fe_{14}B$ 的 NdF_2 的粒径为 10-20nm。根据溶胶的制作条件和涂布及热处理条件等，可以控制该粒径及氟化物的密度，通过 400℃以上的热处理，颗粒成长缺陷密度减少。作为 NdF_2 氟化物，同样可以使用的溶胶状物，如以下氟化物：BaF_2、CaF_2、MgF_2、SrF_2、LiF、LaF_3、NdF_3、PrF_3、SmF_3、EuF_3、GdF_3、TbF_3、DyF_3、CeF_3、HoF_3、ErF_3、TmF_3、YbF_3、LuF_3、LaF_2、NdF_2、PrF_2、SmF_2、EuF_2、GdF_2、TbF_2、DyF_2、CeF_2、HoF_2、ErF_2、TmF_2、YbF_2、LuF_2、YF_3、ScF_3、CrF_3、MnF_2、MnF_3、FeF_2、FeF_3、CoF_2、CoF_3、NiF_2、ZnF_2、AgF、PbF_4、AlF_3、GaF_3、SnF_2、SnF_4、InF_3、PbF_2、BiF_3；或者混合了 2 种以上的上述氟化物的复合氟化物；层叠了 2 种以上的氟化物的层叠氟化物；或者以 MxFy 表示的氟化物，其中 M

为 1 种或多个的金属元素，X 为从 1 到 5，Y 为从 1 到 10。F 的一部分也可以是混合氧、碳、氮、硼等的轻元素，以 MxFyOz 代表的氟化物，其中 M 是 1 种或多个金属元素，X 为从 1 到 5，Y 为从 1 到 10，O 为氧，Z 为从 1 到 10。或者通过使与上述含有氟的化合物或合金具有同等的组成的非晶质的氟化物的含有成分，形成于在至少 1 种以上 $Nd_2Fe_{14}B$ 作为主相的粉末表面，从而可得到如下任一的效果：矫顽磁力的温度系数降低、矫顽磁力增大、残留磁通量密度的温度系数降低或 Hk 的增加、去磁曲线的角型性提高、耐腐蚀性提高、控制氧化、抗拉强度的增加、脆性破坏的控制、高温强度的提高。这些氟化物在 20℃可以是强磁性或非磁性的任何一种。通过使用溶胶涂布于磁性粉末，与不使用溶胶的氟化物粉末混合时相比，能够提高磁性粉末表面的氟化物的覆盖率。因此上述效果，与氟化物粉末混合时相比，使用溶胶覆盖的一方表现也显著。在氟化物中包含氧、母相的构成元素也能维持上述效果。制作使上述氟化物层形成的磁性粉末，与以下有机树脂混合的化合物环氧树脂、聚酰亚胺树脂、聚酰胺树脂、聚酰胺－酰亚胺树脂、ケルイミド (kerimido) 树脂、马来酰亚胺、聚苯醚、聚苯硫醚的单体，或与环氧树脂、聚酰亚胺树脂、聚酰胺－酰亚胺树脂、ケルイミド (kerimido) 树脂、马来酰亚胺等，通过在磁场中或非磁场中成形，而可以成形于连接磁铁。使用了涂布所述溶胶的 $Nd_2Fe_{14}B$ 粉的连接磁铁，与用磁粉的效果一样，能够确认到如下任一效果：矫顽磁力的温度系数降低、矫顽磁力增大、残留磁通量密度的温度系数降低或 Hk 的增加、去磁曲线的角型性提高、耐腐蚀性提高、控制氧化。这些效果被认为是因为，通过氟化物层的形成，从而磁畴结构稳定，氟化物附近的各向异性增加，氟化物防止磁粉的氧化。

[0038] 作为其他的例子，在磁性粉末以 $Nd_2Fe_{14}B$、$Sm_2Fe_{17}N_3$、Sm_2Co_{17} 为主相的磁粉，或者稀土类和 Fe、Co、Ni 的合金粉中，使用粉末直径 1-100μm 的粉末，使用含有 REF_3(RE 为稀土类元素）的溶胶状物，在磁性粉末表面的一部分或全部，涂布形成结晶质或非晶质的以 REF_3 为主要成分的膜。REF_3 的膜厚，平均为 1-10000nm。即使 REF_2 混合于 REF_3，也不影响磁性粉末的磁性。涂布后除去用于溶胶制作的溶媒。在这些氟化物层与磁性粉末的界面附近，也可以含有作为含有稀土元素的氧化物及微量的杂质的碳或含氧化合物、稀土类富相。通过在 REFx(X ＝ 1-3) 的范围控制溶胶的组成和涂布条件，有可能改变氟化物层的组成。具有了这些结晶质或同样的组成的非晶质的氟化物，通过将其含有成分至少 1 种以上形成于磁性粉末表面，可以得到如下任一效果：矫顽磁力的温度系数降低、矫顽磁力增大、残留磁通量密度的温度系数降低或 Hk 的增加、去磁曲线的角型性提高、耐腐蚀性提高、控制氧化。制作使上述氟化物层形成的磁性粉末，与以下有机树脂混合的化合物：环氧树脂、聚酰亚胺树脂、聚酰胺树脂、聚酰胺－酰亚胺树脂、ケルイミド (kerimido) 树脂、马来酰亚胺、聚苯醚、聚苯硫醚的单体，或与环氧树脂、聚酰亚胺树脂、聚酰胺－酰亚胺树脂、ケルイミド (kerimido) 树脂、马来酰亚胺等，通过压缩或者注塑成形，而可以成形于连接磁铁。或者，通过对使所述氟化物层形成的磁性粉末用模具压缩成形、热成形、挤压成形，可以制作磁性粉体积率为 80％ -99％的成形磁铁。在此成形磁铁中，在晶界部形成有层状的氟化物。使用了涂布了所述溶胶的 $Nd_2Fe_{14}B$、$Sm_2Fe_{17}N_3$ 或 Sm_2Co_{17} 粉的连接磁铁，与用磁粉的效果一样，能确认如下任一效果：矫顽磁力的温度系数降低、矫顽磁力增大、残留磁通量密度的温度系数降低或 Hk 的增加、去磁曲线的角型性提高、耐腐蚀性提高、控制氧化。这些效果被认为是因为，通过氟化物层的形成，从而磁畴结构稳定，氟化物附近的各向异性增加，氟化物防止磁粉的氧化。$Nd_2Fe_{14}B$、$Sm_2Fe_{17}N_3$ 或 Sm_2Co_{17} 粉，应用上各自添加不同的元素，但无论在使用哪种的添加元

素时，氟化物都有可以形成，能确认上述效果。并且 $Nd_2Fe_{14}B$、$Sm_2Fe_{17}N_3$ 或 Sm_2Co_{17} 磁粉，添加含有稀土元素的金属系元素，从而控制组织和结晶构造、晶界、粒径等。由此在主相以外通过添加元素和磁铁制作的程序，也能形成主相以外的相。NdFeB 的情况，是有硼化物和稀土类富相或铁富相等，但在前述的相和这些氧化物形成的粉末的表面，也可以涂布上述溶胶状物，可以形成层状的氟化物。

[0039] 作为其他的例子，含有至少 1 种以上稀土类元素的磁性体的表面，由于至少形成如下 1 种以上：BaF_2、CaF_2、MgF_2、SrF_2、LiF、LaF_3、NdF_3、PrF_3、SmF_3、EuF_3、GdF_3、TbF_3、DyF_3、CeF_3、HoF_3、ErF_3、TmF_3、YbF_3、LuF_3、LaF_2、NdF_2、PrF_2、SmF_2、EuF_2、GdF_2、TbF_2、DyF_2、CeF_2、HoF_2、ErF_2、TmF_2、YbF_2、LuF_2、YF_3、ScF_3、CrF_3、MnF_2、MnF_3、FeF_2、FeF_3、CoF_2、CoF_3、NiF_2、ZnF_2、AgF、PbF_4、AlF_3、GaF_3、SnF_2、SnF_4、InF_3、PbF_2、BiF_3，从而可实现耐腐蚀性提高或高电阻化。在含氟溶胶的涂布后，通过以 100℃以上的温度热处理以 $Nd_2Fe_{14}B$ 为主相的烧结体的表面，形成上述含氟的化合物。含氟层的膜厚是 1-10000nm。能得到具以有 1nm 以上的膜厚，比电阻为 $1\times10^4\Omega cm$ 以上的值的含氟层。此膜由于在 1000℃以下为稳定所以能够防止高温下使用的磁铁材料的氧化。为了减少气孔，不是使氟化物层形成多层，就是使金属系膜（Ni、Cr、Cu 等）和上述含氟的膜层叠，含氟化物的膜和氧化物的层叠、含有氟化物的膜和有机物层叠，对耐腐蚀性确保或高电阻化也是有效的。另外，在成长于上述含氟层的氟化物中，也可以包含氧、氮、硼等轻元素。$Nd_2Fe_{14}B$ 成形体中使用溶胶涂布 NdF_2，若以 100℃以上的温度热处理，则能形成以 NdF_3 为主的膜。此膜为 1-10000nm，显示 $1\times10^4\Omega cm$ 以上的电阻值。此外若以 400℃以上进行热处理，则 $NdFe_2$ 在 $Nd_2Fe_{14}B$ 的界面附近成长。由于 $NdFe_2$ 变得难以剥离，并且电阻值变得更高。在成形体表面有 Ni 膜的时候同样也能形成 $NdFe_3$，能够得到显示为 $1\times10^4\Omega cm$ 以上的电阻值的膜，成形磁铁的电阻可以在 $0.3m\Omega cm$ 以上。

[0040] 作为其他的例子，使用作为硬磁材料的 $Nd_2Fe_{14}B$，作为软磁材料的 Fe 制作磁路。在金属铸型内预成形的 $Nd_2Fe_{14}B$ 的周围插入 Fe 粉，以 $1t/cm^2$ 的冲压成形。这些粉末以含氟材料涂裹表面。冲压后，在热处理炉内加热，涂裹层之间结合。此温度为 500℃～1200℃。由氟化物扩散产生，$Nd_2Fe_{14}B$ 及 Fe 铁粉表面的氟化物结合成为一体。形成一体后的加工由于计划使用的磁路的设计而不同，从而具有如下特征，因为有涂裹材料，所以即使 $Nd_2Fe_{14}B$ 在表面，耐腐蚀性也高且涡流损小。使用上述氟化物可以加热成形硬磁材料和软磁材料的材料，有作为硬磁材料的 $Nd_2Fe_{14}B$、Sm_2Co_{17}、$SmCo_5$、NdFeSi 系、NdFeAl 系、SmFeN 系等的稀土类 -3d 过渡金属系，或稀土类 -3d 过渡金属 - 半金属系，作为软磁材料的 Fe 系、FeCo 系、Fe-Si 系、Fe-C 系、Ni 系、Fe-Ni 系等。至少包含 1 种以上实施例 7 以外的稀土元素的金属系粉，因为稀土元素容易氧化，所以磁性变化。氟化物作为用于稀土类元素的氧化防止的层是有效的，在上述实施例使用的氟化物层，对于含有稀土元素的全部的金属系磁粉可以期待氧化防止效果，在腐蚀抑制、衰变抑制、腐蚀电位稳定性方面发挥效果。

[0041] 作为其他的例子，真空熔炼由稀土类元素和铁以及硼组成的母合金，粗粉碎、细粉碎在惰性气体中进行，得到平均粒径 0.1-10μm 的粉末。粉末形状为球状、无定形、板状的任何一种都可以。涂布含有溶胶状的氟化物的溶液于此粉末。溶媒为了能控制粉末的氧化而限制了杂质的种类和杂质的含量。使用由粉末的重量计算出的定量的溶液涂布于粉末。涂布后通过热处理除去溶媒。DyF_3 平均涂布 100nm，若以 500℃的温度在真空中进行热处理，则 DyF_3 的一部分变成 DyF_2。根据 DyF_2 的成长，粉末表面的磁性变化，因此去磁曲线的角形

性提高，残留磁通量密度增加。Sm_2Co_{17} 磁粉的情况也同样，通过实施可见由 DyF_3 到 DyF_2 的结构变化的热处理，从而去磁曲线的角形性提高。

[0042] 作为其他的例子，真空熔炼稀土类元素和铁或钴，在惰性气体中进行粗粉碎、细粉碎，用球磨机等得到 0.1μm 以下粒径的粉末。球磨机是在乙醇中，室温、500-1000rpm、氟化物涂裹球状物的条件下使用。在球磨机的前方以 DyF_3 涂裹稀土类铁粉末。涂裹膜的厚度在磁粉的平均直径的 1/10 以下。通过球磨涂裹的滋粉，形成稀土类铁氟化合物。上述稀土类铁氟化合物包含氟 1-10 原子%，矫顽磁力在 10kOe 以上，具有残留磁通量密度为 0.5T-1.2T 的磁性。含有上述稀土类铁氟化合物的磁性粉，能作为连接磁铁的原料使用，能得到显示为 0.3mΩcm 以上的比电阻的永久磁铁。

[0043] 作为其他的例子，含有以下等的氟化物，如：BaF_2、CaF_2、MgF_2、SrF_2、LiF、LaF_3、NdF_3、PrF_3、SmF_3、EuF_3、GdF_3、TbF_3、DyF_3、CeF_3、HoF_3、ErF_3、TmF_3、YbF_3、LuF_3、LaF_2、NdF_2、PrF_2、SmF_2、EuF_2、GdF_2、TbF_2、DyF_2、CeF_2、HoF_2、ErF_2、TmF_2、YbF_2、LuF_2、YF_3、ScF_3、CrF_3、MnF_2、MnF_3、FeF_2、FeF_3、CoF_2、CoF_3、NiF_2、ZnF_2、AgF、PbF_4、AlF_3、GaF_3、SnF_2、SnF_4、InF_3、PbF_2、BiF_3 的 1-1000nm 的被膜，在 NdFeB 系、SmFeN 系、SmCo 系等的磁性粉末上形成后，雾化该磁性粉末而堆积于剥离可能的材料，由此而能够形成磁性粉末。以最佳气体流量、堆积速度、喷射速度而得到厚膜，其形成如下：在 100μm ～ 10000μm 的范围，上述氟化物在 10 体积%以下的 $Nd_2Fe_{14}B$ 中，矫顽磁力从 10kOe 到 35kOe，残留磁通量密度为 0.6-1.2T，比电阻从 1mΩcm 至 100Ωcm，将之粉碎了的粉末直径为 1-500μm 的磁性粉也大致显示同样的特性。如果使用气溶胶工序，在成形磁铁的表面能形成含有氟的膜，可以由难以剥离的高电阻的膜覆盖成形磁铁的表面。上述以氟化物为主的化合物涂裹经由气溶胶化工序而制作的磁性粉末，以此工序覆盖的 $Nd_2Fe_{14}B$ 粉末，在 500℃以下的温度显示高电阻，耐腐蚀性与无涂裹的粉比较也得到提高。

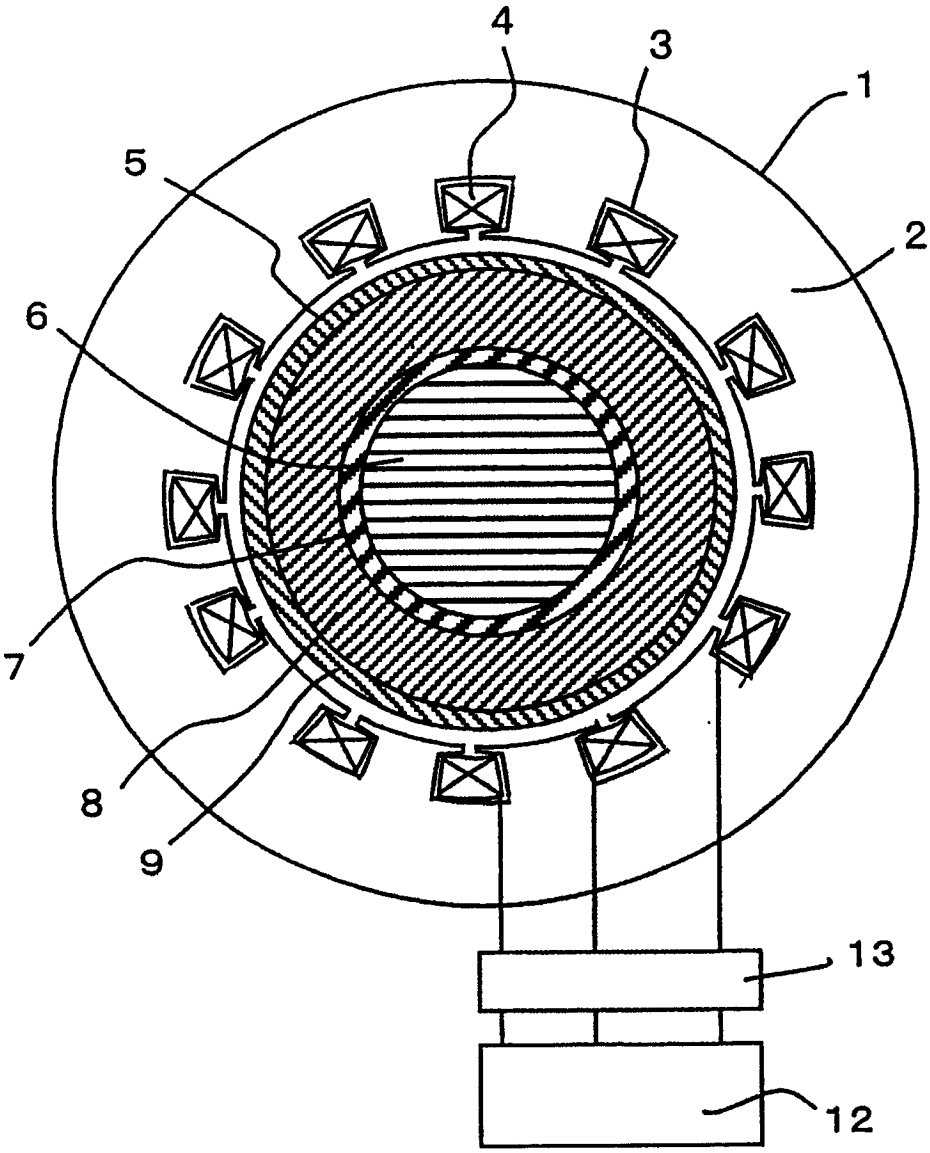


图 1

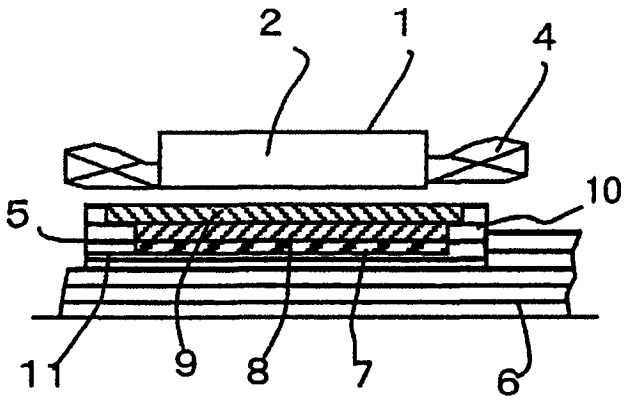


图 2

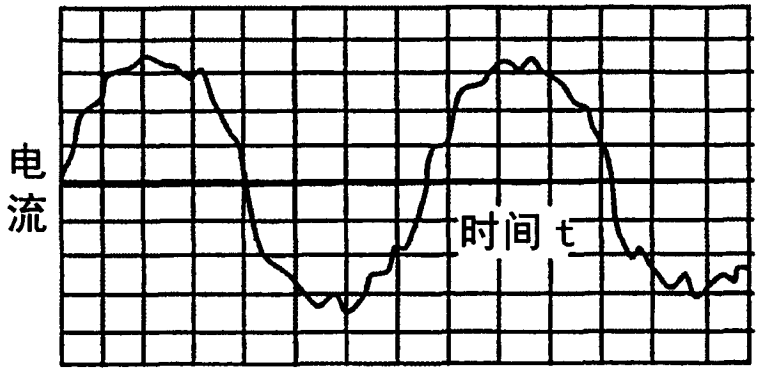


图 3

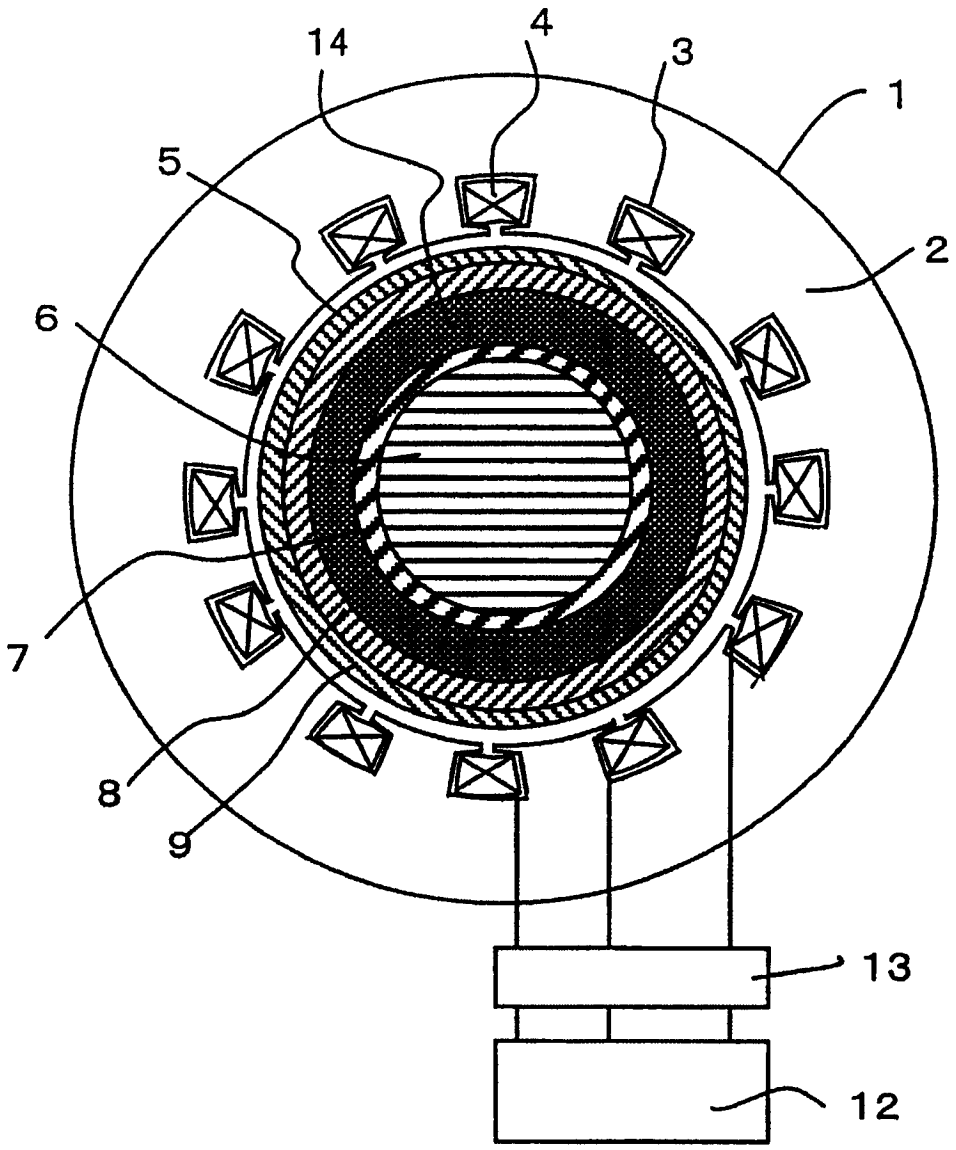


图 4

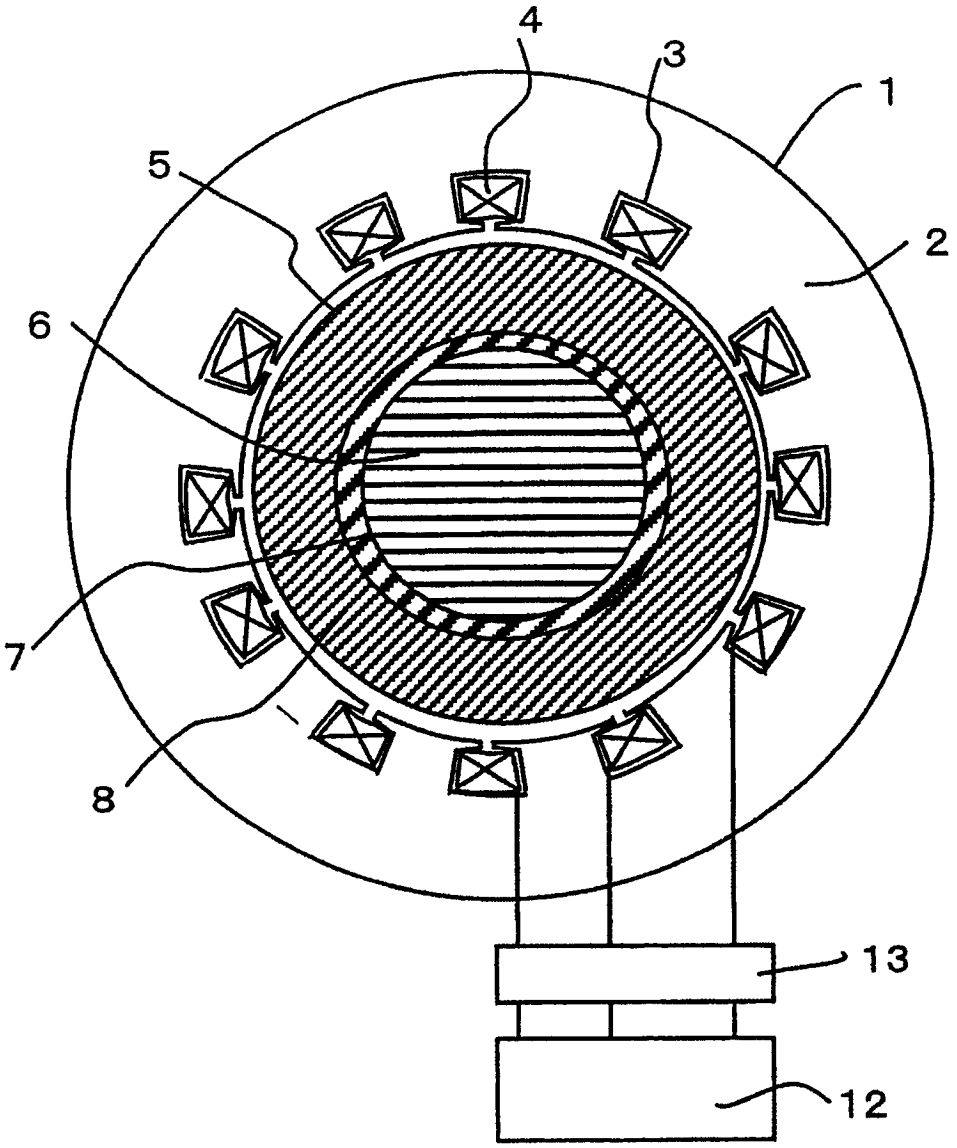


图 5

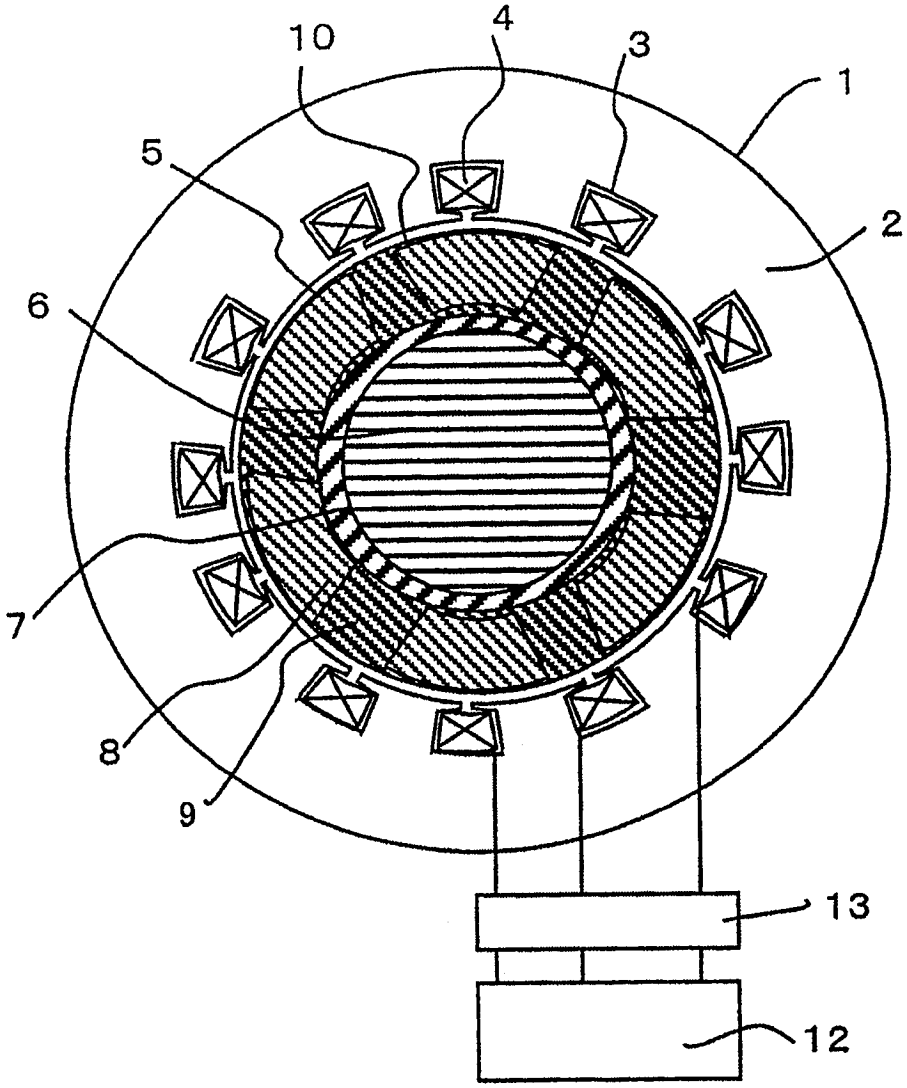


图 6

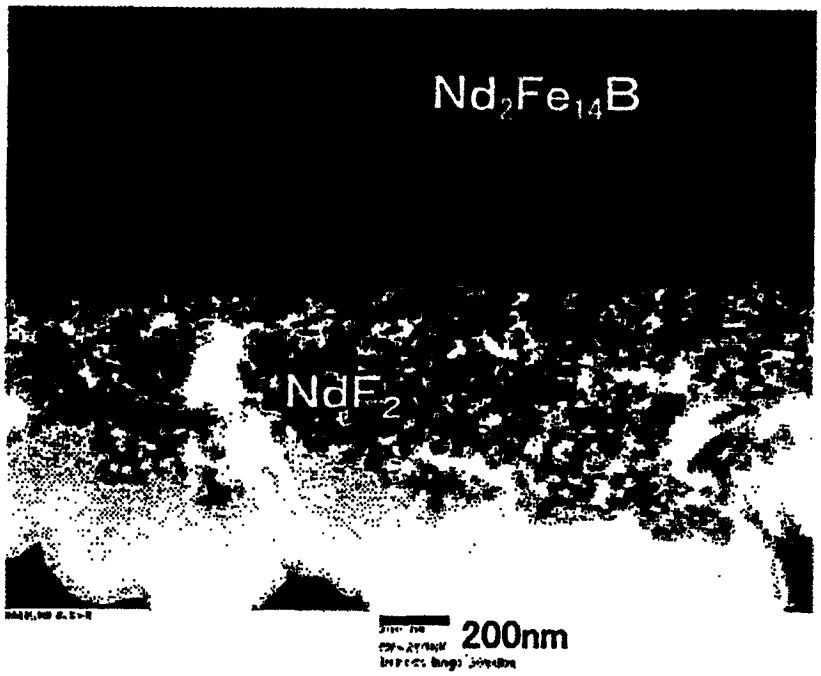


图 7

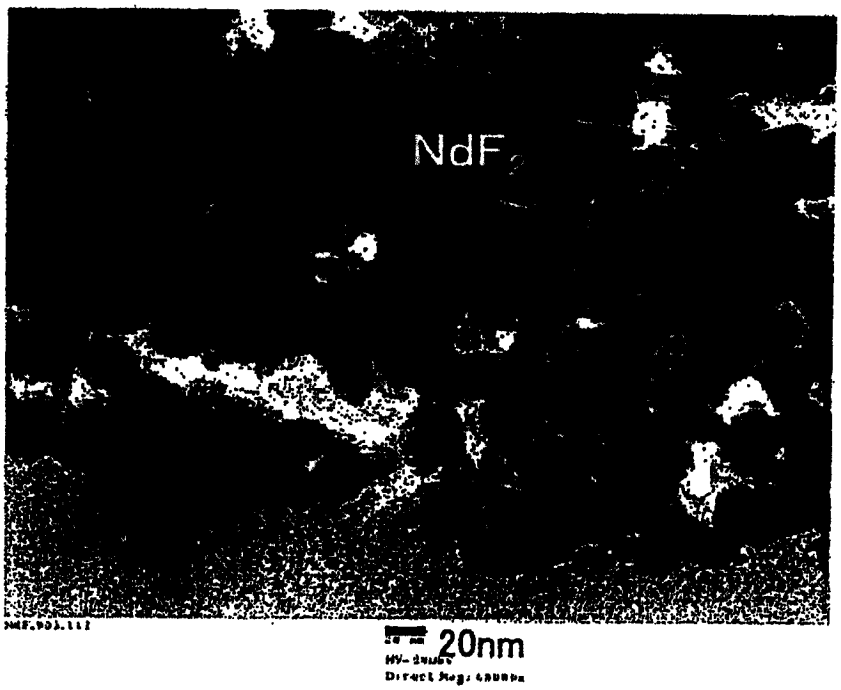


图 8