



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103098151 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201180017476. 0

(22) 申请日 2011. 03. 30

(30) 优先权数据

2010-078699 2010. 03. 30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 09. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2011/058046 2011. 03. 30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/122667 JA 2011. 10. 06

(73) 专利权人 TDK 株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 马场文崇 田中哲 岩崎信

石坂力

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

代理人 杨琦

(51) Int. Cl.

H01F 1/053(2006. 01)

B22F 3/24(2006. 01)

C22C 38/00(2006. 01)

H01F 1/08(2006. 01)

H01F 41/02(2006. 01)

H02K 15/03(2006. 01)

审查员 万琦萍

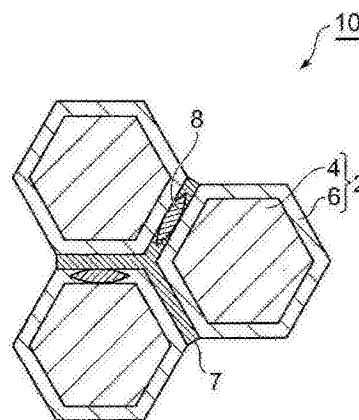
权利要求书1页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

稀土类烧结磁铁及其制造方法、马达以及汽车

(57) 摘要

本发明提供一种稀土类烧结磁铁(10)、具备稀土类烧结磁铁(10)的马达、以及具备该马达的汽车。稀土类烧结磁铁(10)具备:具有芯体(4)和覆盖芯体(4)的壳(6)的R-T-B类稀土类磁铁的主相粒子(2)群;壳(6)的厚度为500nm以下,R含有轻稀土类元素以及重稀土类元素,并Zr化合物(8)存在于主相粒子(2)群的晶界相(7)以及/或者壳(6)上。



1. 一种稀土类烧结磁铁,其特征在于:

具备:

具有芯体和覆盖所述芯体的壳的 R-T-B 类稀土类磁铁的主相粒子群;

所述壳的厚度为 500nm 以下,

所述 R 包含轻稀土类元素以及重稀土类元素,

在所述主相粒子群的晶界相以及 / 或者所述壳上存在有 Zr 化合物,

所述稀土类烧结磁铁具有由以下成分构成的组成:

R :29.0 ~ 33.0 质量%、

B :0.85 ~ 0.98 质量%、

Al :0.03 ~ 0.25 质量%、

Cu :0.01 ~ 0.15 质量%、

Zr :0.03 ~ 0.25 质量%、

Co :3 质量%以下,但是不包括 0 质量%、

Ga :0 ~ 0.35 质量%、

O :2500ppm 以下、

C :500ppm ~ 1500ppm、以及

Fe :余量。

2. 如权利要求 1 所述的稀土类烧结磁铁,其特征在于:

所述主相粒子的粒径为 3.0 ~ 6.5 μm 。

3. 如权利要求 1 所述的稀土类烧结磁铁,其特征在于:

所述主相粒子的粒径为 3.6 ~ 5.7 μm 。

4. 如权利要求 1 ~ 3 中任意一项所述的稀土类烧结磁铁,其特征在于:

所述稀土类烧结磁铁中的 Zr 元素的含有比例为 0.08 质量%以上 0.2 质量%以下。

5. 如权利要求 1 ~ 3 中任意一项所述的稀土类烧结磁铁,其特征在于:

所述稀土类烧结磁铁中的氧元素的含有比例为 1000ppm 以下。

6. 如权利要求 1 ~ 3 中任意一项所述的稀土类烧结磁铁,其特征在于:

所述稀土类烧结磁铁中的碳元素的含有比例为 700ppm 以上 1200ppm 以下。

7. 如权利要求 1 ~ 3 中任意一项所述的稀土类烧结磁铁,其特征在于:

剩余磁通密度为 1.35T 以上,并且矫顽力为 1600kA/m 以上。

8. 一种马达,其特征在于:

具备如权利要求 1 ~ 7 中任意一项所述的稀土类烧结磁铁。

9. 一种汽车,其特征在于:

具备如权利要求 8 所述的马达。

稀土类烧结磁铁及其制造方法、马达以及汽车

技术领域

[0001] 本发明是有关稀土类烧结磁铁及其制造方法、马达以及汽车。

背景技术

[0002] 具有 R-T-B (R 为稀土类元素, T 为 Fe 等金属元素) 类组成的稀土类烧结磁铁为具有优异磁气特性的磁铁, 以更进一步提高其磁气特性为目标而做了大量的研究与探讨(例如专利文献 1)。作为表现磁铁的磁气特性的指标一般是使用剩余磁通密度(Br) 以及矫顽力(HcJ), 这些数值平衡且高的磁铁能够被称之为具有优异磁气特性。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献 1 : 日本国际公开第 2009/4994 号小册子

发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 近年来, 稀土类磁铁的用途涉及多方面, 与以往相比较要求高磁气特性的情况不断在增加。在如此状况下, 如果能够稍微提高 Br 或者 HcJ 等的磁气特性的话, 则工业上讲是极为有用的。

[0008] 因此, 本发明就是鉴于上述情况所作的技术研发, 其目的是提供一种具有优异的 Br 以及 HcJ 的稀土类磁铁和使用其的马达以及汽车。

[0009] 解决课题的手段

[0010] 为了达到上述目的而本发明的稀土类烧结磁铁其特征在于: 具备具有芯体和覆盖芯体的壳的 R-T-B 类稀土类磁铁的主相粒子群; 壳的厚度为 500nm 以下, R 含有轻稀土类元素以及重稀土类元素, 并且 Zr 化合物存在于主相粒子群的晶界相以及 / 或者壳中。还有, 所谓主相粒子群是指多个主相粒子。另外, 将重稀土类元素相对于轻稀土类元素的比例(重稀土类元素 / 轻稀土类元素) 成为主相粒子中心部(芯) 上的比例的 2 倍以上的部分被规定为壳。

[0011] 上述本发明的稀土类烧结磁铁与现有的相比较能够以高水准并存 Br 以及 HcJ。

[0012] 优选 Ga 化合物进一步存在于上述主相粒子群的晶界相。由此, 就能够进一步提高磁铁的磁气特性。

[0013] 在上述稀土类烧结磁铁中, 其氧元素的含有比例为 2500ppm 以下, 并且碳元素的含有比例优选为 500ppm 以上 1500ppm 以下。由此, 就能够进一步提高磁铁的磁气特性。

[0014] 在上述稀土类烧结磁铁中, B 元素的含有比例优选为 0.85 质量 % 以上 0.98 质量 % 以下。由此, 就能够进一步提高磁铁的磁气特性。

[0015] 在上述稀土类烧结磁铁中, 稀土类元素(R) 的含有比例的总计优选为 29.0 质量 % 以上 33.0 质量 % 以下。由此, 就能够进一步提高磁铁的磁气特性。

[0016] 在上述稀土类烧结磁铁中, Zr 元素的含有比例优选为 0.05 质量 % 以上 0.5 质量 %

以下。由此,就能够更加提高剩余磁通密度以及顽磁力。

[0017] 本发明的马达具备上述本发明的稀土类烧结磁铁。

[0018] 因为本发明的稀土类烧结磁铁的剩余磁通密度高,所以在本发明的稀土类烧结磁铁的体积以及形状与现有的 R-T-B 类稀土类烧结磁铁相同的情况下,本发明的稀土类烧结磁铁的磁通量较现有的有所增加。因此,根据具备本发明的稀土类烧结磁铁的马达,较现有的更加能够提高能量转换效率。

[0019] 即使是在本发明的稀土类烧结磁铁的体积小于现有的 R-T-B 类稀土类烧结磁铁的情况下,剩余磁通密度高的本发明的稀土类烧结磁铁也具有与现有的磁铁相同等的数值的磁通量。总之,本发明的稀土类烧结磁铁与现有的磁铁相比较不会减少磁通量却能够小型化。其结果为根据本发明因为对应于稀土类烧结磁铁的小型化能够减小磁轭体积以及绕线量,所以马达的小型化以及轻量化将成为可能。

[0020] 本发明的汽车具备上述本发明的马达。即,本发明的汽车被本发明的马达驱动。还有,在本发明中,所谓汽车例如是由本发明的马达进行驱动的电动汽车、混合动力汽车或者燃料电池汽车。

[0021] 本发明的汽车因为是被能量转换效率高于现有的本发明的马达驱动,所以其燃油经济性提高。另外,本发明的汽车因为如以上所述能够实现马达的小型化以及轻量化,所以汽车自身的小型化以及轻量化也将成为可能。其结果,汽车燃油经济性提高。

[0022] 本发明的稀土类烧结磁铁的制造方法的特征在于:具有:第 1 工序,使包含含有重稀土类元素的重稀土类化合物、粘合剂以及溶剂的浆料附着于含有 Zr 的 R-T-B 类稀土类磁铁的烧结体;第 2 工序,对附着有浆料的烧结体实施热处理。

[0023] 根据上述本发明的制造方法,能够制造出优异的具有 Br 以及 HcJ 的稀土类烧结磁铁。

[0024] 发明效果

[0025] 根据本发明,能够提供一种具有优异的 Br 以及 HcJ 的稀土类烧结磁铁、使用该稀土类烧结磁铁的马达以及汽车。

附图说明

[0026] 图 1 是本发明的一个实施方式所涉及的稀土类烧结磁铁的模式截面图。

[0027] 图 2 是表示本发明的一个实施方式所涉及的磁铁制造工序的流程图。

[0028] 图 3 是表示本发明的一个实施方式所涉及的马达内部构造的示意图。

[0029] 图 4 是表示本发明的一个实施方式所涉及的汽车概念图。

[0030] 图 5 (a)、(b) 是表示关于各个基材以及稀土类烧结磁铁使用 STEM-EDS 来实行线分析的结果的示意图。

具体实施方式

[0031] 以下是参照附图并就本发明的优选的一个实施方式进行详细的说明。

[0032] (稀土类烧结磁铁)

[0033] 图 1 是关于在实施例中进行制作的稀土类烧结磁铁(以下也会仅称之为“磁铁”),根据使用扫描透射电子显微镜所具备的能量分散型 X 线分光器(STEM-EDS)来实行分析的

结果而制作的本发明的一个实施方式所涉及的稀土类烧结磁铁的模式截面图。

[0034] 稀土类烧结磁铁 10 包含多个主相粒子 2、存在于主相粒子 2 群的晶界的晶界相 7。主相粒子 2 是由芯体 4 和覆盖芯体 4 的壳 6 所构成。另外，在晶界相 7 以及 / 或者壳 6 上存在有 Zr 化合物 8。

[0035] 主相粒子 2 是由 R-T-B 类稀土类磁铁(例如 $R_2T_{14}B$) 所构成。稀土类元素 R 包含轻稀土类元素以及重稀土类元素。轻稀土类元素如果是选自 La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm 以及 Eu 中的至少一种即可。重稀土类元素如果是选自 Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb 以及 Lu 中的至少一种即可。金属元素 T 包含 Fe 以及 Co。

[0036] 在本实施方式中，将重稀土类元素相对于轻稀土类元素的比例(重稀土类元素 / 轻稀土类元素)成为主相粒子中心部(芯)上的比例的 2 倍以上的部分规定为壳。

[0037] 壳 6 的厚度为 500nm 以下，更加优选为 300nm 以下。另外，主相粒子 2(结晶粒子)的粒径优选为 3.0~6.5 μm 。

[0038] 为了提高 R-T-B 类稀土类磁铁的矫顽力，而一般如果是将作为 R 的 Dy 和 Tb 等重稀土类元素添加到 R-T-B 类稀土磁铁中即可。由于重稀土类元素的添加而使得各向异性磁场变大，磁化翻转的核变得难以产生从而矫顽力变高。但是，如果重稀土类元素的添加量过大的话，则 R-T-B 类稀土类磁铁的饱和磁化(饱和磁通量密度)将变小，剩余磁通密度也将变小。因此，关于 R-T-B 类磁铁，为了既要保证剩余磁通密度又要兼顾矫顽力，而具有主要有助于剩余磁通密度特性的芯体和有助于矫顽力的壳的构造是有效的。

[0039] Zr 化合物 8 只要是含有 Zr 的化合物即可，作为具体例子可以列举 Nd-Zr-Cu 化合物、Zr-B 化合物。还有，Zr 化合物也可以存在于壳中。关于本实施方式的稀土类烧结磁铁，通过 Zr 化合物 8 存在于晶界相 7 以及 / 或者壳 6 中，从而抑制重稀土类元素扩散到主相粒子内部，对剩余磁通密度以及矫顽力的提高作出贡献。总之，通过抑制重稀土类元素扩散到芯体 4 从而使得 Br 不发生降低，并且因为在壳 6 中重稀土类元素被浓缩所以成为高矫顽力。稀土类烧结磁铁中的 Zr 的含量优选为 0.05 质量以上 0.5 质量 % 以下，更加优选为 0.08 质量 % 以上 0.2 质量 % 以下。

[0040] 还有，Zr 化合物 8 存在于晶界相 8 这一事实可以通过用 STEM-EDS 观察晶界附近的 Zr 析出物来进行确认。

[0041] 烧结体中的氧元素的含量优选为 3000 质量 ppm 以下，更加优选为 1000ppm 以下。氧含量越少，所获得的烧结磁铁中的杂质也就会变得越少，烧结磁铁的磁气特性将有所提高。如果在氧含量多的情况下，会有烧结体中的氧化物妨碍重稀土类元素扩散并且难以形成壳 6 的倾向。作为降低烧结体中的氧含量的方法，可以列举从氢吸留粉碎到烧结期间将原料合金维持在氧浓度低的气氛环境下的方法。但是，烧结体中的氧含量即使是在上述范围之外，对于本实施方式的磁铁制作来说也是可能的。

[0042] 烧结体中的碳元素含量优选为 500ppm 以上 1500ppm 以下，更加优选为 700ppm 以上 1200ppm 以下。碳含量越少，所获得的烧结磁铁中的杂质也就会变得越少，烧结磁铁的磁气特性将有所提高。如果在碳含量多的情况下，会有烧结体中的氧化物妨碍重稀土类元素扩散并且难以形成壳 6 的倾向。如果碳含量少的话则在后面所述的磁场成形时变得难以取向。碳元素因为主要是由于成形时的润滑剂而被加入，所以根据其量就能够控制。

[0043] 在主相粒子 2 群的晶界相优选进一步存在有 Ga 化合物。Ga 化合物只要是含有 Ga

的化合物即可,作为具体例子可以列举 $R_6Fe_{13}Ga$ 。上述晶界通过含有该 Ga 化合物从而晶界的熔点下降,在使重稀土类化合物扩散到烧结体内部的时候促进其扩散。

[0044] 本实施方式的稀土类烧结磁铁对应于必要可以进一步含有 Ni、Mn、Al、Cu、Nb、Ti、W、Mo、V、Ga、Zn、Si、O、C 等其他元素,例如能够制作出由以下所述各元素构成的组成的烧结磁铁。

[0045] R :29.0~33.0 质量 %

[0046] B :0.85~0.98 质量 %

[0047] Al :0.03~0.25 质量 %

[0048] Cu :0.01~0.15 质量 %

[0049] Zr :0.03~0.25 质量 %

[0050] Co :3 质量 % 以下(但是不包括 0 质量 %)

[0051] Ga :0~0.35 质量 %

[0052] O :2500ppm 以下

[0053] C :500ppm~1500ppm

[0054] Fe :余量

[0055] 优选为本发明的稀土类烧结磁铁中的剩余磁通密度 1.35 以上。另外,优选为本发明的稀土类烧结磁铁中矫顽力 1600 以上。

[0056] (稀土类烧结磁铁的制造方法)

[0057] 图 2 是表示本发明的一个实施方式所涉及的磁铁制造工序的流程图。

[0058] 关于本实施方式的稀土类烧结磁铁的制造,首先,准备具有所希望组成的能够获得含有 Zr 的 R-T-B 类稀土类烧结磁铁那样的合金(步骤 S 11)。在该工序中,例如在真空或者氩等不活泼气体气氛下溶解对应于稀土类烧结磁铁组成的含有金属等元素的单体、合金和化合物等,之后,使用该熔融物并通过实行铸造法或者带铸法等合金制造工艺,从而制作出具有所希望组成的合金。

[0059] 根据所使用的合金的数量,有由一个种类的合金进行制作的单元合金法和由多个合金制作的多元合金法。即使多元合金法也是根据合金组成设计而具有各种各样的种类。作为优选的多元合金法是使用主要含有主相 $Nd_2Fe_{14}B$ 的主相合金、主要含有晶界相的 R 的晶界相合金的方法。在此情况下,Zr 如果是从晶界相合金进行添加的话,则 Zr 容易偏析于主相的晶界附近,并且容易获得控制重稀土类元素扩散到上述主相粒子内的效果。

[0060] 接着,对所获的合金进行粗粉碎从而制得数百 μm 左右粒径的粒子(步骤 S12)。合金的粗粉碎可以使用例如颚式破碎机(jaw crusher)、布朗研磨机(Brown Mill)以及捣碎机(Stamp mill)等粗粉碎机来实行,或者在使氢吸留于合金之后可以通过基于不同相之间的氢吸留量的差异的发生自身崩溃性的粉碎(氢吸留粉碎)来实行。

[0061] 接着,通过进一步微分碎由粗粉碎获得的粉末(步骤 S13),从而获得具有优选粒径 $1\sim 10 \mu m$ 以及更加优选粒径 $3\sim 6 \mu m$ 左右的稀土类烧结磁铁的原料粉末(以下仅称之为“原料粉末”)。微分碎是相对于被粗粉碎的粉末通过一边对粉碎时间等条件作适当调整一边使用喷射研磨机、球磨机、振动研磨机以及湿式磨碎机等微分碎机来作进一步的粉碎,从而进行实施。

[0062] 在需要使用多个合金的情况下能够混合这些合金来进行使用。混合可以分成粗粉

碎前、微粉碎前、微粉碎后等阶段。

[0063] 接着,将以以上所述形式制作而获得的原料粉末成形为目的形状(步骤S14)。成形是在施加磁场的条件下实行的,由此就使原料粉末产生规定的取向。成形例如能够通过压制成形来实行。具体是在将原料粉末充填于模具腔内之后,以在上模冲与下模冲之间夹住被充填的粉末的形式进行施压,从而就能够将原料粉末成形成规定形状。由成形而获得的成形体的形状并没有特别的限制,能够对应于柱状、平板状以及环状等所希望的磁铁的形状作出相应的变更。成形时的加压优选在 50~200MPa 下进行实施。另外,进行施加的磁场优选为 950~1600kA/m。还有,作为成形方法除了像上述那样就这样对原料粉末进行成形的干式成形之外,还能够适用对使原料粉末分散于油等溶剂的浆料实行成形的湿式成形。

[0064] 接着,相对于成形体例如通过在真空中或者在不活泼气体的存在条件下以 1010~1110℃实行加热处理 2~6 小时从而进行烧成(制作步骤 S15)。由此,获得原料粉末发生液相烧结且主相体积比例提高的烧结体(磁铁的烧结体)。

[0065] 相对于烧结体优选在加工成所希望的适当大小和形状之后,实行例如由酸性溶液处理烧结体表面的表面处理(制作步骤 S16)。作为被用于表面处理的酸性溶液,优选为硝酸、盐酸等水溶液与乙醇的混合溶液。该表面处理例如能够通过将烧结体浸渍于酸性溶液或者将酸性溶液喷雾于烧结体来进行实行。

[0066] 由这样的表面处理就能够除去附着于烧结体的污垢或氧化层等从而获得清洁的表面,因而后面所述的重稀土类化合物的附着以及扩散将变得更为有利。从更好地实行除去污垢或氧化层等的观点出发可以一边将超声波施加于酸性溶液一边实行表面处理。

[0067] 之后,使包含含有重稀土类元素的重稀土类化合物、粘合剂以及溶剂的浆料附着于被实施了表面处理的烧结体的表面(步骤 S17)(相当于上述第 1 工序)。作为包含于重稀土类化合物中的重稀土类元素,从获得高矫顽力的稀土类烧结磁铁的观点出发,优选 Dy 或者 Tb。作为重稀土类化合物,例如可以列举重稀土类元素的氢化物、氧化物、卤化物以及氢氧化物。在这些重稀土类化合物中,优选 DyH_2 、 DyF_3 或者 TbH_2 。特别是通过将粘合剂包含于浆料中,从而就能够防止磁铁表面发生氧化。

[0068] 重稀土类化合物优选作为粉末状的重稀土类粉末来进行使用。重稀土类化合物可以,将由通常的方法进行制造的重稀土类化合物或者重稀土类金属,由使用喷射研磨机进行干式粉碎的方法或者由与有机溶剂相混合并使用球磨机等进行湿式粉碎的方法等来进行制造。

[0069] 重稀土类化合物粉末的平均粒径优选为 100nm~50 μm ,更加优选为 1 μm ~5 μm 。重稀土类化合物粉末粒径如果小于 100nm 的话,则由热处理被扩散到烧结体的重稀土类化合物的量将变得过多,且所获得的稀土类烧结磁铁的 Br 可能会变得不够充分。另外,如果超过了 50 μm 的话,则会变得难以发生重稀土类化合物扩散到烧结体中,且会有变得不能够充分获得 HcJ 的提高效果的情况。另外,特别是如果重稀土类化合物的平均粒径为 5 μm 以下的话,则有利于重稀土类化合物附着于烧结体,并有获得更进一步提高 HcJ 的效果的倾向。

[0070] 作为粘合剂例如可以列举丙烯酸树脂、聚氨酯树脂、缩丁醛树脂、天然树脂、纤维素树脂。

[0071] 作为溶剂优选不是使重稀土类化合物溶解而是均匀地使其分散的溶剂,且优选为

有机溶剂。作为其具体例子可以列举醛、醇以及酮等。另外,更加优选常温下的相对介电常数为 10 以上的有机溶剂。相对介电常数为 10 以上的有机溶剂,因为对重稀土类粉末的湿润性良好,所以通过使用像这样的有机溶剂,从而就能够更进一步良好地维持重稀土类粉末的分散性。另外,也可以互相混合这些有机溶剂来进行使用。

[0072] 作为使浆料附着于烧结体的方法例如可以列举涂布法,更加具体的可以列举将烧结体浸渍于浆料中的方法、将烧结体投入到浆料中并与规定的介质一起进行搅拌的方法、将浆料滴到烧结体的方法。

[0073] 浆料中的重稀土类化合物的含量优选为 10~60 质量%,更加优选为 40~50 质量%。如果浆料中的重稀土类化合物的含量过少或者过多的话,则会有重稀土类化合物变得难以均匀地附着于烧结体的倾向,且可能会变得难以获得充分的顽磁感应强度比。另外,如果是在过多的情况下,则烧结体的表面会变得粗糙,且还会有用于提高所获得的磁铁的耐腐蚀性的电镀层等的形成变得困难的情况。

[0074] 浆料中的粘合剂的含量相对于重稀土类化合物的重量优选为 0.5~15 质量%。如果粘合剂的含量过少的话则会有磁铁表面的氧化防止效果发生降低的倾向,另外,如果粘合剂的含量过多的话则与烧结体的磁气特性处于上述范围内的情况相比较相对降低。

[0075] 还有,在浆料中对应于必要可以进一步含有其它成分。作为可以包含于浆料中的其它成分,例如可以列举用于防止重稀土类化合物粒子发生凝集的分散剂等。

[0076] 根据以上所述那样的方法将重稀土类化合物(浆料)附着于烧结体,特别是从获得良好的磁气特性被提高的效果的观点出发,该重稀土类化合物的附着量优选在一定的范围内。具体是相对于稀土类烧结磁铁的质量(烧结体与重稀土类化合物的总计质量)的重稀土类化合物的附着量(附着率%)优选为 0.1~3 质量%,更优选为 0.1~2 质量%,进一步优选为 0.2~1 质量%。

[0077] 接着,对已附着了重稀土类化合物的烧结体实施热处理(步骤 S18)(相当于上述第 2 工序)。由此,附着于烧结体表面的重稀土类化合物扩散到烧结体的内部。热处理例如可以用 2 个阶段的工序来实行。在此情况下,优选为在第 1 阶段以 800~1000℃左右实行 10 分钟~10 小时的热处理,在第 2 阶段以 500~600℃程度的温度条件实行 1~4 小时的热处理。在像这样的 2 个阶段的热处理过程中,在第 1 阶段主要是重稀土类化合物发生扩散,第 2 阶段的热处理成为所谓的时效处理并有助于磁气特性的提高(特别是 HcJ)。还有,热处理并不一定有分 2 个阶段来实行,如果至少以重稀土类化合物发生扩散的形式实行热处理的话即可。

[0078] 由热处理而使得重稀土类化合物从烧结体的表面向内部发生扩散,但是此时重稀土类化合物被认为主要是沿着构成烧结体的主相粒子的边界以及晶界相发生扩散。其结果在所获得的磁铁上变成了来自于重稀土类化合物的重稀土类元素偏在于主相粒子的外缘区域或者晶界相。

[0079] 之后,通过对应于必要将重稀土类化合物已被扩散的烧结体切割成所希望的尺寸或者实施表面处理,从而获得作为目的物的稀土类烧结磁铁。还有,对于所获得的稀土类烧结磁铁来说可以进一步将电镀层、用于防止氧化层或者树脂层等发生劣化的保护层设置于其表面上。

[0080] (马达)

[0081] 图 3 是表示本实施方式的马达内部构造的一个例子的说明图。本实施方式的马达 100 是永磁同步马达 (IPM 马达), 具备圆筒状的转子 20 和被配置于该转子 20 外侧的定子 30。转子 20 具有圆筒状的转子芯体 22、沿着圆筒状的转子芯体 22 外周面以规定间隔容纳稀土烧结类磁铁 10 的多个磁铁容纳部 24、被容纳于磁铁容纳部 24 的多个稀土类烧结磁铁 10。

[0082] 沿着转子 20 的圆周方向进行邻接的稀土类烧结磁铁 10 是以 N 极和 S 极的位置成为互相相反的形式被容纳于磁铁容纳部 24。由此, 沿着圆周方向进行邻接的稀土类烧结磁铁 10 沿着转子 20 的径向产生互相相反的方向的磁力线。

[0083] 定子 30 沿着转子 20 的外周面具有以规定的间隔进行设置的多个线圈部 32。该线圈部 32 和稀土类烧结磁铁 10 是以互相相对的形式被配置的。定子 30 由电磁作用而将扭矩提供给转子 20, 从而转子 20 在圆周方向上进行旋转。

[0084] IPM 马达 100 在转子 20 上具备上述实施方式所涉及的稀土类烧结磁铁 10。稀土类烧结磁铁 10 具有优异的磁气特性并且具有不容易剥离的电镀膜。为此, IPM 马达 100 在可靠性方面表现优异。IPM 马达 100 较现有的马达能够在较长期间维持高输出。IPM 马达 100 关于稀土类烧结磁铁 10 之外, 能够使用通常的马达零部件并根据通常的方法来进行制造。

[0085] 本发明的马达, 在是永磁同步马达的情况下并不限定于 IPM 马达, 也可以是 SPM 马达。另外, 除了永磁同步马达之外也可以是永磁直流马达、线性同步马达、音圈马达、振动马达。

[0086] (汽车)

[0087] 图 4 是表示本实施方式的汽车的发电机构、蓄电机构以及驱动机构的概念图。但是, 本实施方式的汽车的构造并不限定于图 4 所表示的情形。如图 4 所示, 本实施方式所涉及的汽车 50 具备上述本实施方式的马达 100、车轮 48、蓄电池 44、发电机 42 以及引擎 40。

[0088] 由引擎 40 所产生的机械能被发电机 42 转换成电能。该电能被积蓄于蓄电池 44。被积蓄的电能由马达 100 而被转换成机械能。由来自马达 100 的机械能而使车轮 48 旋转从而驱动汽车 50。

[0089] 实施例

[0090] (实施例 1)

[0091] 首先, 准备稀土类烧结磁铁的原料金属, 使用这些原料金属并根据带铸法以获得表 1 所表示的组成 (组成: 29wt%Nd-2wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-0.95wt%B-bal.Fe) 的形式制作原料合金。接着, 在将氢吸留于所获得的合金之后, 在 Ar 气氛中以 600℃实行 1 小时的脱氢, 实行氢破碎处理。

[0092] 接着, 进一步对氢粉碎后的粉末实施微粉碎从而获得平均粒径 (D50) 为 4.0 μm (结晶粒径: 4.2 μm) 的原料粉末。

[0093] 将该原料粉末充填于被配置于电磁铁中的模具内, 在磁场中进行成形从而制作出成形体。成形是一边将 1200kA/m 的磁场施加于原料粉末一边以 120MPa 对原料粉末实施加压。

[0094] 在真空中以 1050℃对成形体实施烧结 4 小时, 之后, 进行急剧冷却从而获得烧结体。还有, 在氧浓度小于 100ppm 的气氛下实行从氢破碎处理到烧结的各个工序。

[0095] 将烧结体加工成 5mm (磁各向异性化方向) × 15mm × 10mm。分 2 个阶段对加工后

的烧结体实施热处理从而获得基材 1。第 1 阶段的热处理是在 Ar 气氛中以 900℃对烧结体实施 6 小时的加热处理。第 2 阶段的热处理是在 Ar 气氛中以 540℃对烧结体实施 2 小时的加热处理。

[0096] 再有,与基材 1 分别地,以浸涂法将含有 DyH₂、粘合剂以及极性溶剂的浆料全面性地涂布于上述加工后的烧结体后,实施与上述相同的分 2 个阶段进行的热处理,从而制作出实施例 1 的稀土类烧结磁铁。还有,在实行涂布的时候是以相对于涂布面积的 DyH₂和粘合剂的总量成为 5mg/cm²的形式进行操作的。

[0097] (实施例 2~11、比较例 1~12)

[0098] 除了如表 1~3 所示变更稀土类烧结磁铁中的组成以及结晶粒径之外,其余均以与实施例 1 相同的方法制作实施例 2~11 以及比较例 1~12 的稀土类烧结磁铁。

[0099] (实施例 12)

[0100] 首先,准备稀土类烧结磁铁的原料金属,使用这些原料金属并根据带铸法以获得主相合金 12A 组成(组成:30.5wt%Nd-0.2wt%Al-0.21wt%Zr-1.00wt%B-bal.Fe)和晶界相合金 12B(组成:40wt%Dy-10wt%Co-0.2wt%Al-1.4wt%Cu-bal.Fe)的形式制作原料合金。接着,在以 12A : 12B=95 : 5 的重量比例混合所获得的合金之后,以与实施例 1 相同的方法制作磁铁。混合后的合金的组成为 29wt%Nd-2.0wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-0.95wt%B-bal.Fe。

[0101] (实施例 13)

[0102] 首先,准备稀土类烧结磁铁的原料金属,使用这些原料金属并根据带铸法以获得主相合金 13A 组成(组成:30.5wt%Nd-0.2wt%Al-1.00wt%B-bal.Fe)和晶界相合金 13B(组成:40wt%Dy-10wt%Co-0.2wt%Al-1.4wt%Cu-4.0wt%Zr-bal.Fe)的形式制作原料合金。接着,在以 13A : 13B=95 : 5 的重量比例混合所获得的合金之后,以与实施例 1 相同的方法制作磁铁。混合后的合金的组成为 29wt%Nd-2wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-0.95wt%B-bal.Fe。

[0103] [基材以及稀土类烧结磁铁的特性评价]

[0104] 以以下所述方法测定关于由实施例以及比较例而获得的基材以及稀土类烧结磁铁的特性。其结果被表示于表 1~3。

[0105] (剩余磁通密度以及矫顽力)

[0106] 使用由实施例以及比较例获得的基材以及稀土类烧结磁铁而得到的测定用试样的磁气特性,由直流磁化特性测定记录装置(BH TRACER)分别测定。根据所获得的结果分别求取各个测定用试样的剩余磁通密度(Br)、矫顽力(HcJ)以及顽磁感应强度比(Hk/HcJ)。

[0107] (烧结体中的氮以及氧含量的测定)

[0108] 含氧量以及含氮量的测定是用金属中的氧氮分析装置进行实施的。具体是用石墨坩埚使试样气化(氧为 CO,氮为 N₂),用非分散红外线检测器检测 CO,用热传导检测器检测 N₂。

[0109] (烧结体中的含碳量的测定)

[0110] 含碳量的测定是用金属中的碳分析装置进行实施的。具体是用高频诱导加热炉使试样气化(CO、CO₂),并用非分散红外线检测器检测进行检测。

[0111] [烧结体中的 Ga 量、稀土类元素的含有比例总计(TRE)的测定]

[0112] 使用荧光 X 线实行组成分析。

[0113] (烧结体中的 B 含量的测定)

[0114] 由 ICP-AES 进行 B 含量的分析。

[0115] (使用 STEM-EDS 的线分析)

[0116] 关于由实施例而获得的基材以及稀土类烧结磁铁,使用扫描透射电子显微镜所具备的能量分散型 X 线分光器(STEM-EDS)来实行线分析。图 5 (a) 是表示关于基材的分析结果的示意图,图 5 (b) 是表示稀土类烧结磁铁的分析结果的示意图。

[0117] 正如图 5 (a) 所明确表示的那样,关于基材虽然 Nd 的浓度在晶界相附近急剧增加,但是在主相粒子的晶界相附近没有重稀土类元素(Dy)相对于轻稀土类元素(Nd)的比例(Dy/Nd)成为主相粒子中心部(芯)上的比例的 2 倍以上的部分并且不存在壳部。另外,正如图 5 (b) 所明确表示的那样,关于稀土类烧结磁铁在晶界相附近 Nd 的浓度急剧增加,Dy/Nd 在主相粒子的晶界相附近具有成为主相粒子中心部上的比例的 2 倍以上的部分,并且存在有壳部。还有,由图 5 (b) 中的两个箭头进行表示的部分相当于壳部。

[0118] (壳的厚度的测定)

[0119] 使用 STEM-EDS 来对主相粒子的中心附近 5 个点实行晶界附近的线分析。中心附近 5 个点的重稀土类元素和轻稀土类元素的分析结果的强度比的平均值与晶界附近的线分析的各点强度比的值相比较,从而将中心的平均值的 2 倍以上的值的部分作为壳部并测定其厚度。还有,主相粒子的中心附近的强度比的平均值为 0.06。

[0120] (Zr 析出物的数量的测定)

[0121] 使用 STEM-EDS 并根据由实施例以及比较例而获得的基材测定距主相粒子截面的晶界 1 μm 内的 Zr 析出物的数量 [个]。表中的数值为关于 5 个主相粒子测定 Zr 析出物的数量的平均值。

[0122] [表 1]

[0123] 基本组成 29wt%Nd-2.0wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.95wt%B-bal.Fe

[0124] TRE=31wt%, 结晶粒径 =4.2 μm , B=0.95wt%, Ga=0wt%

[0125] 扩散后的组成 :28.9wt%Nd-2.45wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0~0.6wt%Zr-0.95wt%B-bal.Fe

[0126]

		Zr含量 [wt%]	氧含量 [ppm]	Br [T]	HcJ [kA/m]	HkHcJ	ΔHcJ	ΔHkHcJ	ΔBr	壳厚度 (nm)	Zr析出物数量 [个]
实施例1	基材	0.2	500	1.37	1353	98	—	—	—	—	3
	稀土类磁体	—	—	1.36	1751	96	398	-2	-0.01	390	—
实施例2	基材	0.2	1800	1.37	1313	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	1.36	1672	96	358	-2	-0.01	420	—
实施例3	基材	0.4	500	1.36	1433	98	—	—	—	—	5
	稀土类磁体	—	—	1.35	1831	96	398	-2	-0.01	380	—
实施例10	基材	0.07	500	1.38	1313	98	—	—	—	—	1
	稀土类磁体	—	—	1.37	1671	96	358	-2	-0.01	430	—
比较例1	基材	0	500	1.37	1114	85	—	—	—	—	0
	稀土类磁体	—	—	1.35	1353	81	239	-4	-0.02	550	—
比较例2	基材	0	1800	1.36	1194	90	—	—	—	—	0
	稀土类磁体	—	—	1.34	1393	85.5	199	-4.5	-0.02	600	—
比较例3	基材	0	4500	1.35	1194	98	—	—	—	—	0
	稀土类磁体	—	—	1.33	1313	93	199	-5	-0.02	740	—
比较例4	基材	0.6	500	1.33	1473	98	—	—	—	—	7
	稀土类磁体	—	—	1.32	1592	94	199	-4	-0.01	510	—
比较例5	基材	0.2	4500	1.35	1194	98	—	—	—	—	3
	稀土类磁体	—	—	1.34	1313	93	199	-5	-0.01	570	—
比较例6	基材	0.2	500	1.36	1234	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	1.35	1393	93	159	-5	-0.01	550	—
实施例12	基材	0.2	500	1.37	1353	98	—	—	—	—	1
	稀土类磁体	—	—	1.35	1672	95	319	-3	-0.02	480	—
实施例13	基材	0.2	500	1.37	1353	98	—	—	—	—	5
	稀土类磁体	—	—	1.36	1790	96	437	-2	-0.01	350	—

[0127] [表2]

[0128] 基本组成 ?wt%Nd-2.0wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-?wt%B-bal. Fe

[0129] 碳含量 =1000ppm, Ga=0wt%

[0130] 扩散后的组成 : (x-0.1)wt%Nd-2.45wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-ywt%B-bal. Fe

[0131]

		Nd 含量 [wt%]	TRE 量* [wt%]	B 含量 [wt%]	原料粉末粒径 D50 [μm]	结晶粒径 [μm]	氧含量 [ppm]	Br [T]	HeJ [kA/m]	Hk/HeJ	ΔHcJ	ΔHk/HeJ	ΔBr	先厚度 (nm)	Zr 析出物数量 [个]
实施例 4	基材	29	31	0.93	3.4	3.6	1000	1.37	1393	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.36	1751	96	358	-2	-0.01	390	—
比较例 7	基材	26	28	0.93	3.4	3.6	1000	1.39	1313	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.38	1512	95	199	-3	-0.01	600	—
比较例 8	基材	32	34	0.93	3.4	3.6	1000	1.33	1433	97	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.32	1791	94	358	-3	-0.01	520	—
实施例 5	基材	30	32	0.9	3.9	4.1	700	1.36	1393	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.35	1831	96	438	-2	-0.01	460	—
比较例 9	基材	30	32	0.83	3.9	4.1	700	1.35	1075	96	—	—	—	—	1
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.34	1393	94	318	-2	-0.01	700	—
比较例 10	基材	30	32	1.02	3.9	4.1	700	1.36	1313	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.35	1552	96	239	-4	-0.01	670	—
实施例 6	基材	28	30	0.9	5.5	5.7	500	1.38	1313	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.37	1711	96	398	-2	-0.01	480	—
比较例 11	基材	28	30	0.9	2.3	2.5	2500	1.37	1473	97	—	—	—	—	3
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.36	1592	93	119	-4	-0.01	650	—
比较例 12	基材	28	30	0.9	6.6	6.9	450	1.37	1114	98	—	—	—	—	2
	稀土类磁体	—	—	—	—	—	—	1.36	1433	96	318	-2	-0.01	710	—

[0132] *TRE 量是表示稀土类元素的含量比例的总计。

[0133] [表 3]

[0134] 基本组成 29wt%Nd-2.0wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-0.9wt%B-bal.Fe

[0135] TRE=31wt%,氧含量=500ppm,碳含量=1000ppm,结晶粒径=4.2 μm

[0136] 扩散后的组成:28.9wt%Nd-2.45wt%Dy-0.5wt%Co-0.2wt%Al-0.07wt%Cu-0.2wt%Zr-0.9wt%B-bal.Fe

[0137]

		Ga 含量 [wt%]	Br [T]	HeJ [kA/m]	Hk/HeJ	ΔHeJ	$\Delta\text{Hk/HeJ}$	ΔBr	壳厚度 (nm)	Zr 析出物数量 [个]
实施例 7	基材	0	1.37	1353	98	—	—	—	—	3
	稀土类磁铁	—	1.36	1751	96	398	-2	-0.01	380	—
实施例 11	基材	0.05	1.37	1377	98	—	—	—	—	3
	稀土类磁铁	—	1.36	1790	97	413	-1	-0.01	350	—
实施例 8	基材	0.12	1.37	1393	98	—	—	—	—	3
	稀土类磁铁	—	1.36	1831	97	438	-1	-0.01	330	—
实施例 9	基材	0.3	1.36	1473	98	—	—	—	—	3
	稀土类磁铁	—	1.35	1950	97	478	-1	-0.01	340	—

[0138] 正如表 1~3 所明确表示的那样,实施例 1~13 的稀土类烧结磁铁在剩余磁通密度以及矫顽力方面表现优异。相对于此,比较例 1~12 的稀土类烧结磁铁至少剩余磁通密度以及矫顽力中的一方是较差的。

[0139] 符号说明

[0140] 2. 主相粒子

[0141] 4. 芯体

[0142] 6. 壳

[0143] 7. 晶界相

[0144] 8. Zr 化合物

[0145] 10. 稀土类烧结磁铁

[0146] 20. 转子

[0147] 22. 转子芯体

[0148] 30. 定子

[0149] 32. 线圈部

[0150] 40. 引擎

[0151] 42. 发电机

[0152] 44. 蓄电池

[0153] 48. 车轮

[0154] 50. 汽车

[0155] 100. IPM 马达

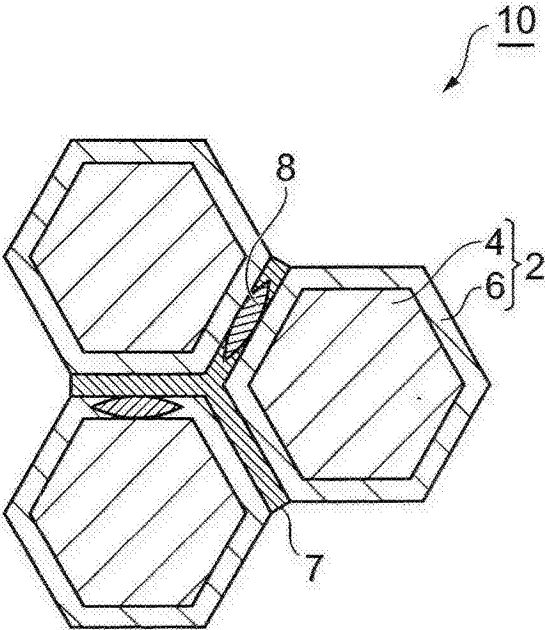


图 1

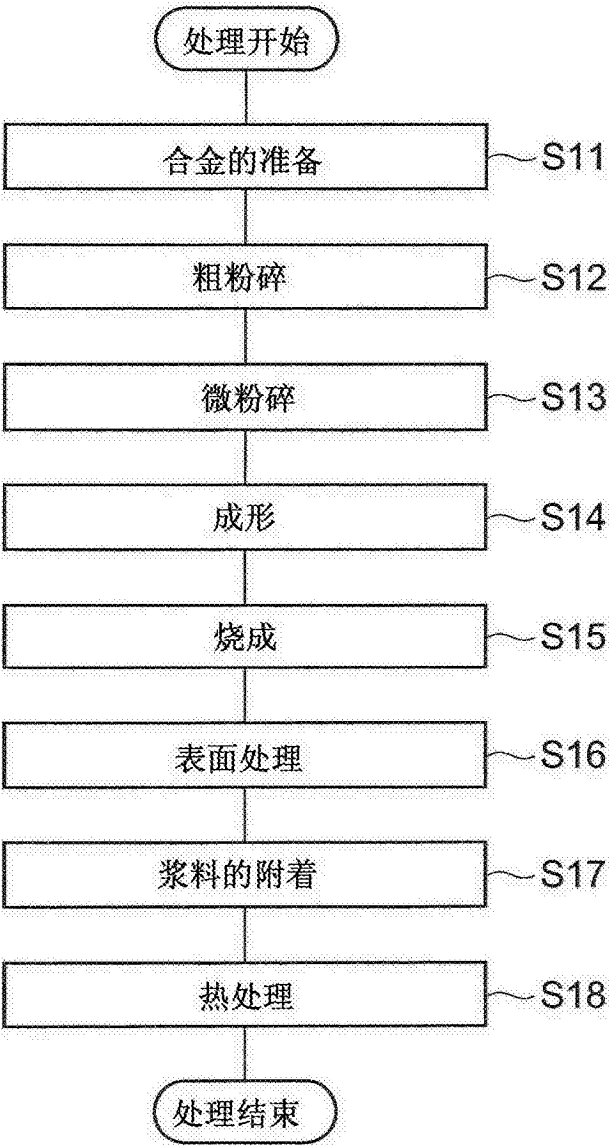


图 2

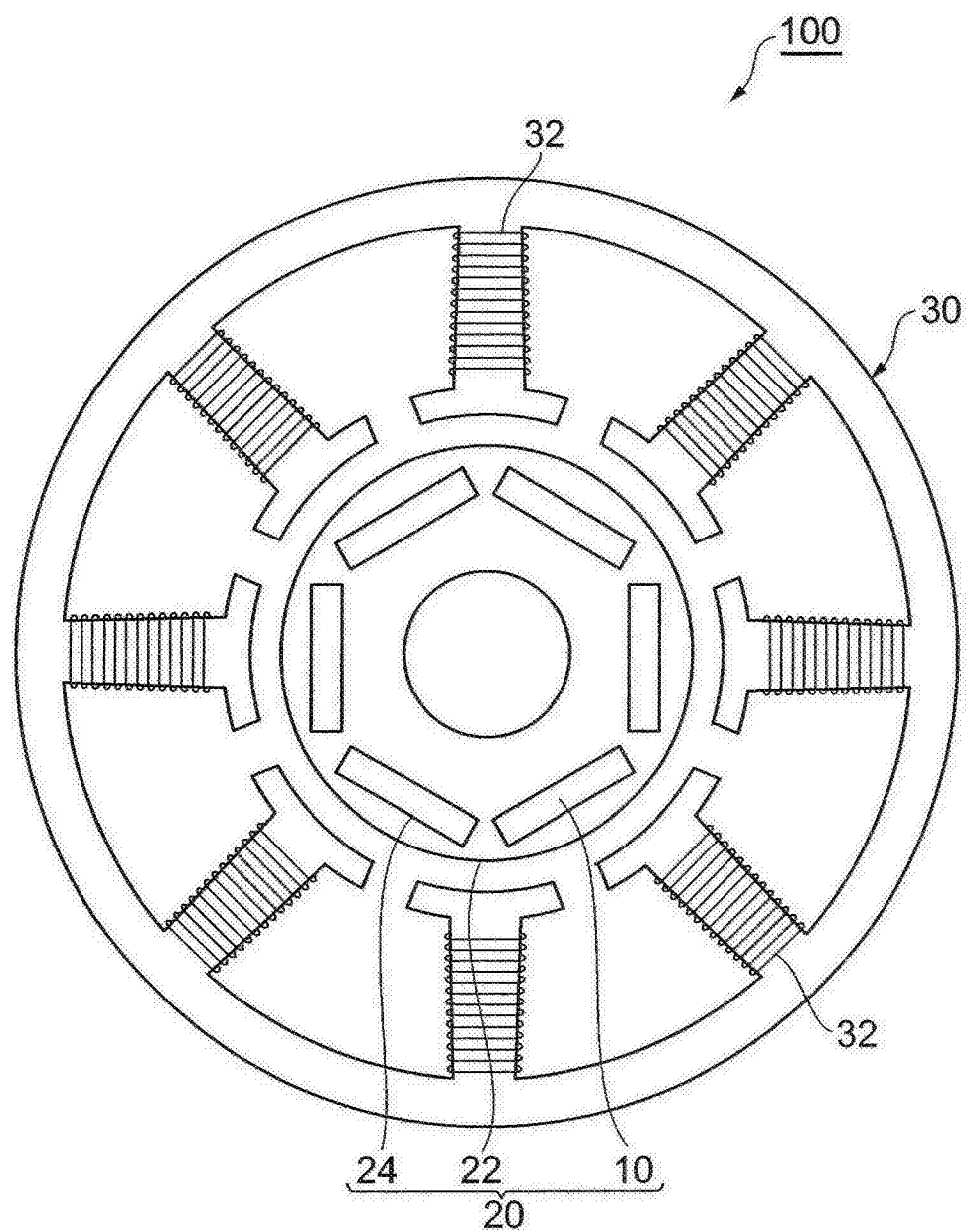


图 3

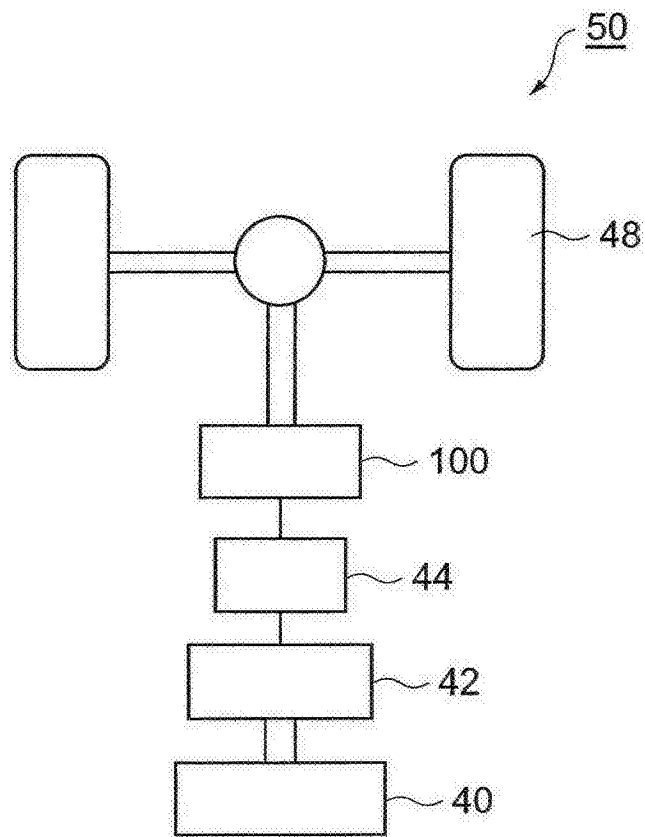


图 4

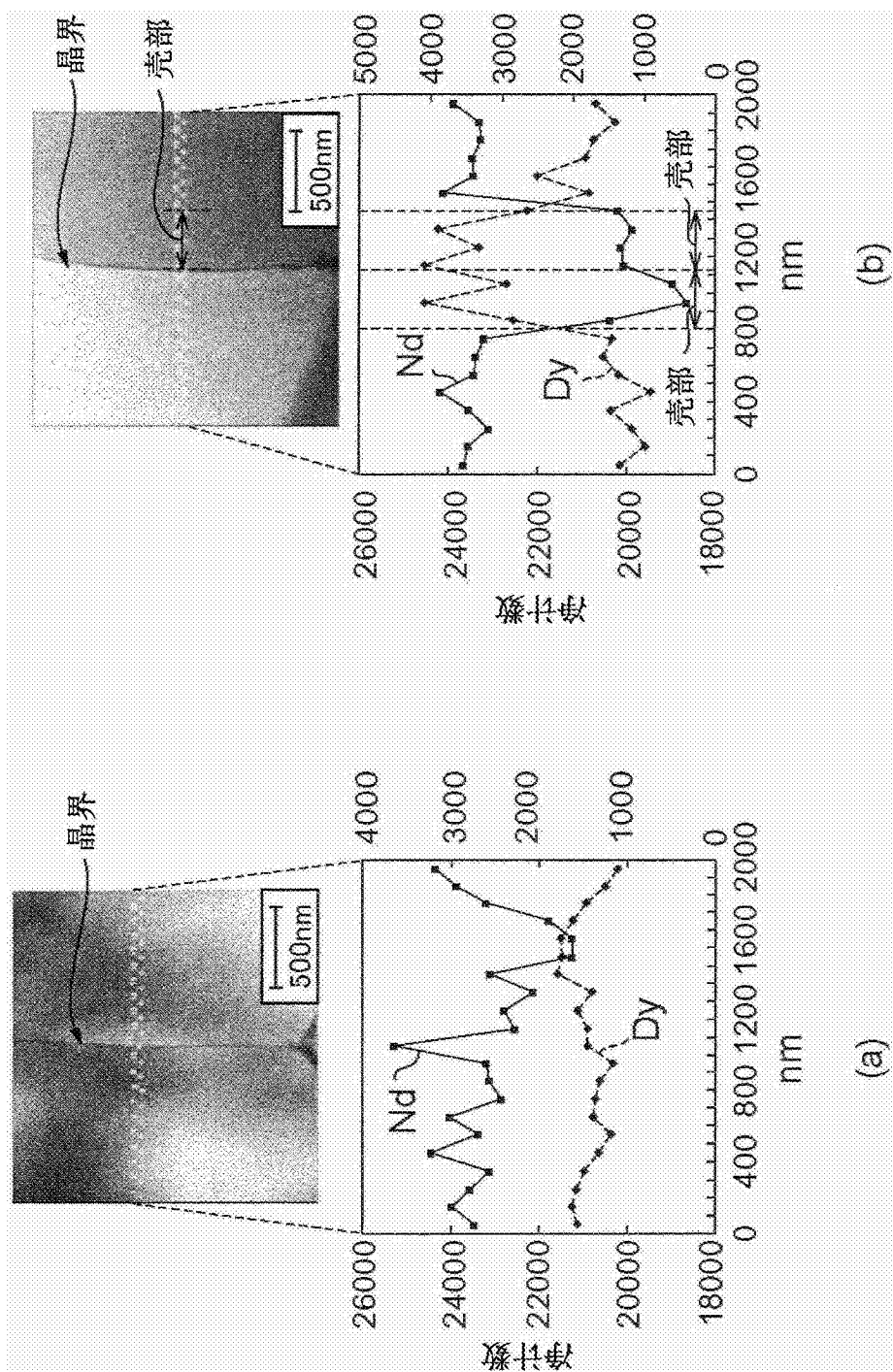


图 5