



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112635187 A

(43) 申请公布日 2021.04.09

(21) 申请号 202011432999.9

(22) 申请日 2020.12.10

(71) 申请人 沈阳中北通磁科技股份有限公司  
地址 110168 辽宁省沈阳市浑南区汇泉东  
路8号

(72) 发明人 段永利 邓文字 齐丽君 张毅  
孙昊天

(51) Int. Cl.

H01F 41/02 (2006.01)

H01F 1/053 (2006.01)

H01F 1/059 (2006.01)

权利要求书1页 说明书3页

(54) 发明名称

一种叠片稀土永磁器件的制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种叠片稀土永磁器件的制造方法,包括:制备稀土永磁体;将两片以上的稀土永磁体沿稀土永磁体的磁场取向方向层叠排列;通过相邻两片稀土永磁体间涂覆的胶体粘接使其联结成叠片稀土永磁器件。在所述的叠片稀土永磁器件中,相邻两片稀土永磁体之间存在间隔膜层,且间隔膜层的厚度在 $300\ \mu\text{m}$ 以下。所述的制造方法中包括在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的粉末或膜层的步骤,并对表面附着有粉末或膜层的稀土永磁体预制件进行真空热处理制成稀土永磁体。本发明采用叠片的结构形式制造渗钽效果优异的超厚磁体,同时还可以减小电机工作时在永磁器件内部产生的涡流损耗。

1. 一种叠片稀土永磁器件的制造方法,包括如下工序:(1)将包含稀土的稀土永磁材料原料制成烧结毛坯,并将烧结毛坯制成稀土永磁体,所述的稀土永磁体厚度为5mm以下;(2)将两片以上的稀土永磁体沿稀土永磁体的磁场取向方向层叠排列;(3)通过相邻两片稀土永磁体间涂覆的胶体粘接使其联结成叠片稀土永磁器件;在所述的叠片稀土永磁器件中,相邻两片稀土永磁体之间存在间隔膜层,且间隔膜层的厚度在300 $\mu\text{m}$ 以下。

2. 根据权利要求1所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:所述的叠片稀土永磁器件为瓦形或长方体状。

3. 根据权利要求1所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:在通过胶体粘接将稀土永磁体联结后,还包括对联结体进行机械加工或表面处理的工序。

4. 根据权利要求1所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:间隔膜层的厚度在100 $\mu\text{m}$ 以下;稀土永磁体厚度为3mm以下。

5. 根据权利要求1所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:所述的工序(1)包括:将包括纯铁、硼铁、稀土的合金原料通过真空速凝工艺制成合金片;将合金片通过氢破工艺和气流磨制粉制成合金粉末;在氮气保护下对合金粉末进行磁场成型,压坯的密度在4.1-4.8 $\text{g}/\text{cm}^3$ ;对磁场成型后的压坯进行真空烧结制成烧结毛坯,所述的烧结毛坯的密度为7.3-7.7 $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

6. 根据权利要求5所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:气流磨制粉所获得的合金粉末中包含粒度小于1 $\mu\text{m}$ 的超细粉和粒度大于1 $\mu\text{m}$ 的普通粉末,且超细粉中的氮含量和重稀土元素含量都高于普通粉末;在超细粉和普通粉末均匀混合后,超细粉包裹在普通粉末周围。

7. 根据权利要求5所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:所述的工序(1)还包括:经过真空烧结工序制成烧结毛坯,然后对烧结毛坯进行机械加工制成稀土永磁体。

8. 根据权利要求5所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:经过真空烧结工序制成烧结毛坯,然后对烧结毛坯进行机械加工制成稀土永磁体预制件,然后在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的粉末或膜层,并对表面附着有粉末或膜层的稀土永磁体预制件进行真空热处理制成稀土永磁体。

9. 根据权利要求8所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的粉末是采用压力浸入的方法完成的。

10. 根据权利要求8所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的膜层是采用选自溅射、蒸发、喷涂中的至少一种方法完成的。

11. 根据权利要求1所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:所述的制造方法还包括在稀土永磁体表面制备间隔膜层的步骤,该步骤通过选自涂覆、电泳、磷化、化学转化、阳极氧化、化学沉积等方法中的至少一种在稀土永磁体表面形成间隔膜层。

12. 根据权利要求1所述的一种叠片稀土永磁器件的制造方法,其特征在于:所述的稀土永磁体的平均晶粒尺寸在3-13 $\mu\text{m}$ 范围内,所述的稀土永磁体中含有N、Al、Tb、Pr、Nd、Ga、Cu元素,其含量为:0.03wt% $\leq$ N $\leq$ 0.09wt%;0.1wt% $\leq$ Al $\leq$ 0.6wt%;0.05wt% $\leq$ Tb $\leq$ 2.9wt%;3wt% $\leq$ Pr $\leq$ 14wt%;13wt% $\leq$ Nd $\leq$ 28wt%;0.09wt% $\leq$ Ga $\leq$ 0.19wt%;0.08wt% $\leq$ Cu $\leq$ 0.24wt%。

## 一种叠片稀土永磁器件的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于稀土永磁领域,特别是涉及一种叠片式的稀土永磁器件及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 钕铁硼稀土永磁铁是当今世界广泛使用的一种基础电子元器件和电器元件,广泛应用于电脑、手机、电视、汽车、电机、玩具、音响、自动化设备、核磁共振成像等。随着节能和低碳经济的要求,钕铁硼稀土永磁铁又开始在节能家用电器、混合动力汽车,风力发电等领域应用。

[0003] 1983年M. sgawaa等人采用粉末冶金的方法首先制备出烧结钕铁硼稀土永磁,并确认该稀土永磁存在 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 相和晶界相,1997年授权的美国专利US5,645,651公开了R-Fe-Co-B的金相结构;钕铁硼稀土永磁的出现,标志着第三代稀土永磁材料诞生;随着钕铁硼的应用,人们对钕铁硼进行了广泛的研究,到目前为止,人们可以批量生产最大磁能积(BH)<sub>max</sub> 为52MGOe的钕铁硼稀土永磁体,并且已经发现通过用重稀土元素Dy、Tb、Ho取代轻稀土元素Pr、Nd可以将磁体的矫顽力 $H_{cj}$ 从12KOe提高到30KOe,使用温度从80℃提高到180℃。随着钕铁硼稀土永磁在风力发电、汽车、伺服电机、节能电机和电子元器件的使用,重稀土元素Dy的用量越来越多,由于Dy是稀缺的重稀土资源,世界储量稀少,目前只在中国的南方的离子矿中生产;减少Dy的用量,对保护稀缺资源,降低钕铁硼稀土永磁的成本非常重要。

[0004] 为提高钕铁硼稀土永磁材料磁性能,同时降低Dy、Tb等重稀土材料的用量,以日本企业为代表的钕铁硼从业者们进行了大量的研究工作。信越化学在US7488393、CN100565719C中公开了一种高性能R-Fe-B永磁体的制造方法,即在烧结钕铁硼磁体表面附着含Dy、Tb的氧/氟化物,然后通过扩散热处理,使粉末中的Dy、Tb渗入磁体中。日立金属在US8182619和US8206516中也公开了采用蒸发附着的方式在烧结磁体表面形成含Dy、Tb的膜层,然后对其进行扩散热处理,使Dy、Tb渗入磁体中的制造方法。国内的研究者们也对磁体渗镱技术进行了类似的研究。

[0005] 虽然磁体渗镱技术可以使烧结钕铁硼永磁体的矫顽力得到一定程度的提高,改善磁体的耐热性,但由于镱渗入磁体的深度是有限的,使适用该技术的稀土永磁器件厚度受到一定限制,很难满足对永磁器件磁通密度要求较高的伺服电机、电动汽车电机等应用领域的需求。另外,在较大功率的永磁电机中,随着转子中的永磁器件体积变大,会在永磁器件内部产生较大的涡流损耗,该损耗会引起较高的温升,在极端情况下可能会导致永磁器件退磁,从而降低电机性能。

### 发明内容

[0006] 为克服现有技术的不足,本发明提供一种叠片稀土永磁器件及其制造方法。

[0007] 一种叠片稀土永磁器件,由两片以上的稀土永磁体层叠组成,稀土永磁体之间是通过胶体粘接联结而成的,在相邻两片稀土永磁体之间存在间隔膜层,间隔膜层的厚度在

300 $\mu\text{m}$ 以下,稀土永磁体厚度为5mm以下;稀土永磁体由主相和晶界相组成,主相具有 $\text{R}_2\text{T}_{14}\text{B}$ 结构,晶界相分布在主相的周围,晶界相中含有稀土元素Pr、Nd;稀土永磁体中含有稀土元素La、Ce、Pr、Nd、Dy、Tb中的至少2种以上。稀土永磁体的层叠排列方向与稀土永磁体的磁场取向方向一致。更加优选地,所述的间隔膜层的厚度在100 $\mu\text{m}$ 以下;稀土永磁体厚度为3mm以下。

[0008] 所述的叠片稀土永磁器件为瓦形或长方体状。

[0009] 在一种优选的实施方案中,所述的间隔膜层主要由选自环氧树脂层、达克罗层、化学转化层、磷化层、氧化物层、皮膜层、绝缘漆层中的至少一种构成。所述的间隔膜层是绝缘的。

[0010] 在通过胶体粘接将稀土永磁体联结后,还包括对联结体进行机械加工或表面处理的工序。

[0011] 在制造所述的稀土永磁体过程中,包括在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的粉末或膜层的步骤,以及对表面附着有粉末或膜层的稀土永磁体预制件进行真空热处理的步骤。

[0012] 所述的稀土永磁体的平均晶粒尺寸在3-13 $\mu\text{m}$ 范围内,所述的稀土永磁体中还含有N、Al、Tb、Pr、Nd、Ga、Cu元素,其含量为: $0.03\text{wt}\% \leq \text{N} \leq 0.09\text{wt}\%$ ;  $0.1\text{wt}\% \leq \text{Al} \leq 0.6\text{wt}\%$ ;  $0.05\text{wt}\% \leq \text{Tb} \leq 2.9\text{wt}\%$ ;  $3\text{wt}\% \leq \text{Pr} \leq 14\text{wt}\%$ ;  $13\text{wt}\% \leq \text{Nd} \leq 28\text{wt}\%$ ;  $0.09\text{wt}\% \leq \text{Ga} \leq 0.19\text{wt}\%$ ;  $0.08\text{wt}\% \leq \text{Cu} \leq 0.24\text{wt}\%$ 。优选地,稀土永磁体中还含有选自La、Ce中的至少一种,且La和Ce的总和含量在2-19wt%范围内。

[0013] 一种叠片稀土永磁器件的制造方法,包括如下工序:(1)将包含稀土的稀土永磁材料原料制成烧结毛坯,并将烧结毛坯制成稀土永磁体,所述的稀土永磁体厚度为5mm以下;(2)将两片以上的稀土永磁体沿稀土永磁体的磁场取向方向层叠排列;(3)通过相邻两片稀土永磁体间涂覆的胶体粘接使其联结成叠片稀土永磁器件;在所述的叠片稀土永磁器件中,相邻两片稀土永磁体之间存在间隔膜层,且间隔膜层的厚度在300 $\mu\text{m}$ 以下。优选地,所述的间隔膜层的厚度在100 $\mu\text{m}$ 以下;稀土永磁体厚度为3mm以下。

[0014] 所述的叠片稀土永磁器件为瓦形或长方体状。

[0015] 在通过胶体粘接将2片以上的稀土永磁体联结后,还包括对联结体进行机械加工或表面处理的工序。

[0016] 所述的工序(1)包括:将包括纯铁、硼铁、稀土的合金原料通过真空速凝工艺制成合金片;将合金片通过氢破工艺和气流磨制粉制成合金粉末;在氮气保护下对合金粉末进行磁场成型,压坯的密度在4.1-4.8 $\text{g}/\text{cm}^3$ ;对磁场成型后的压坯进行真空烧结制成烧结毛坯,所述的烧结毛坯的密度为7.3-7.7 $\text{g}/\text{cm}^3$ 。气流磨制粉所获得的合金粉末中包含粒度小于1 $\mu\text{m}$ 的超细粉和粒度大于1 $\mu\text{m}$ 的普通粉末,且超细粉中的氮含量和重稀土元素含量都高于普通粉末;在超细粉和普通粉末均匀混合后,超细粉包裹在普通粉末周围。

[0017] 所述的工序(1)还包括:经过真空烧结工序制成烧结毛坯,然后对烧结毛坯进行机械加工制成稀土永磁体。

[0018] 在所述的工序(1)还包括:经过真空烧结工序制成烧结毛坯,然后对烧结毛坯进行机械加工制成稀土永磁体预制件,然后在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的粉末或膜层,并对表面附着有粉末或膜层的稀土永磁体预制件进行真空热处理制成稀土永磁体。

[0019] 在本发明的一种实施方案中,在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的粉末是采用压力浸入的方法完成的。

[0020] 在本发明的另一种实施方案中,在稀土永磁体预制件表面附着含有Tb元素的膜层是采用选自溅射、蒸发、喷涂中的至少一种方法完成的。

[0021] 所述的制造方法还包括在稀土永磁体表面制备间隔膜层的步骤,该步骤可以选择通过选自涂覆、电泳、磷化、化学转化、阳极氧化、化学沉积等方法中的一种在稀土永磁体表面形成一层绝缘的间隔膜层,也可以通过在相邻两片稀土永磁体间涂覆粘接胶体时实现在稀土永磁体表面形成间隔膜层。

[0022] 所述的制造方法还包括对相邻两片稀土永磁体间涂覆有粘结胶体的联结体进行加压定型和胶体固化的步骤。

[0023] 本发明的有益效果

本发明的技术方案突破了重稀土晶界扩散技术在制造超厚磁体产品上的局限性,采用叠片的结构形式制造渗钽效果优异的超厚磁体,使重稀土晶界扩散技术胜任于10mm以上厚度的低重稀土烧结钕铁硼稀土永磁器件产品的生产制造,显著改善了磁体的耐热性,使其满足对永磁器件磁性能要求较高的伺服电机、电动汽车电机等应用领域的需求。

[0024] 另外,组成叠片稀土永磁器件的稀土永磁体间的间隔膜层有利于阻隔减小电机工作时在永磁器件内部产生的涡流损耗,改善由此产生的永磁器件发热退磁问题,提高永磁电机永磁器件的稳定性和可靠性,保证大功率永磁电机的稳定工作。