

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024年1月4日 (04.01.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/001041 A1

(51) 国际专利分类号:
H01F 1/057 (2006.01) **H01F 41/02** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/135691

(22) 国际申请日: 2022年11月30日 (30.11.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202210761631.X 2022年6月30日 (30.06.2022) CN

(71) 申请人: 浙江东阳东磁稀土有限公司 (ZHEJIANG DONGYANG DMEGC RARE EARTH MAGNET CO., LTD) [CN/CN]; 中国浙江省东阳市横店镇工业区, Zhejiang 322118 (CN)。

(72) 发明人: 安小鑫 (AN, Xiaoxin); 中国浙江省东阳市横店镇工业区, Zhejiang 322118 (CN)。郝忠彬 (HAO, Zhongbin); 中国浙江省东阳市横店镇工业区, Zhejiang 322118 (CN)。刘小浪 (LIU, Xiaolang); 中国浙江省东阳市横店镇工业区, Zhejiang 322118 (CN)。洪群峰 (HONG, Qunfeng); 中国浙江省东阳市横店镇工业区, Zhejiang 322118 (CN)。

(74) 代理人: 北京康信知识产权代理有限公司 (KANGXIN PARTNERS, P.C.); 中国北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦A座16层, Beijing 100098 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: MODIFIED SINTERED NEODYMIUM-IRON-BORON PERMANENT MAGNET MATERIAL AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 改性烧结钕铁硼永磁材料及其制备方法

(57) Abstract: The present invention provides a modified sintered neodymium-iron-boron permanent magnet material and a preparation method therefor. The modified sintered neodymium-iron-boron permanent magnet material comprises a first alloy. The first alloy has a chemical formula as shown in formula (I): $(Pr_{0.25}Nd_{0.75})_a(LRE)_bTM_cFe_{100-a-b-c-d}B_d$ (I), wherein LRE is a rare earth element; LRE is selected from one or more of the elements Gd, Y and Ce, and at least contains the element Gd; TM is selected from one or more of the elements Al, Cu, Co, Ga, Nb, Zr and Ti; and a is 5-20%, b is 13-28%, c is 0.4-5.5%, and d is 0.9-1%. The modified sintered neodymium-iron-boron permanent magnet material provided in the present application has a maximum magnetic energy product of 5-30 MGOe, a residual magnetism of 6-11 kGs, and an intrinsic coercive force in the range of 5-11 kOe, and also has good high-temperature resistance and a low cost.

(57) 摘要: 本发明提供了一种改性烧结钕铁硼永磁材料及其制备方法。该改性烧结钕铁硼永磁材料包括第一合金, 第一合金具有式(I)所示化学式: $(Pr_{0.25}Nd_{0.75})_a(LRE)_bTM_cFe_{100-a-b-c-d}B_d$ (I), 其中, LRE为稀土元素, 且LRE选自Gd、Y和Ce元素中的一种或多种, 且至少含有Gd元素, TM选自Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr和Ti元素中的一种或多种, a为5~20%, b为13~28%, c为0.4~5.5%, d为0.9~1%。本申请提供的改性烧结钕铁硼永磁材料的最大磁能积在5~30MGOe且剩磁在6~11kGs、内禀矫顽力在5~11kOe范围内, 同时具有优异的耐高温性能且成本低。

WO 2024/001041 A1

说明书

改性烧结钕铁硼永磁材料及其制备方法

本申请是以 CN 申请号为 202210761631.X，申请日为 2022 年 6 月 30 日的中国申请为基础，并主张其优先权，该 CN 申请的公开内容再次作为整体引入本申请中。

技术领域

本发明涉及稀土永磁材料技术领域，具体而言，涉及一种改性烧结钕铁硼永磁材料及其制备方法。

背景技术

永磁材料具有被磁化后不易退磁的特性，被广泛应用于工业和生活的各类领域中。根据永磁材料的磁能积大小、耐温特性以及成本，可以根据不同应用领域的要求和特点选择相对合适的高性价比永磁材料。

目前常用的永磁材料中，永磁铁氧体磁性能低（其最大磁能积 $(BH)_{max}$ 低于 5MGOe）但价格低廉，在低端应用市场中占据主导地位。烧结钕铁硼作为第三代稀土永磁材料，具有高磁能积（ $(BH)_{max}$ 为 30~55MGOe）和高矫顽力的特点，在高性能应用领域中具有较优异的性能和成本优势。因此，烧结钕铁硼永磁材料自发现后便迅速替代第二代 SmCo 系稀土永磁材料成为计算机、信息、通讯、家电、交通运输、办公自动化等高端应用的主要选择。然而，在永磁铁氧体和烧结钕铁硼之间的中低端应用领域还存在一部分性能空白，尤其是 $(BH)_{max}$ 在 5~30MGOe 之间的永磁材料尚未报道。虽然粘结钕铁硼和 SmCo 系永磁体性能在上述范围之内，但粘结钕铁硼的 $(BH)_{max}$ 仅为 13MGOe，相对较低，而且 SmCo 系磁体成本又太高，使得企业压力大，导致粘结钕铁硼和 SmCo 系永磁体也无法满足这部分低端应用领域的需求。

在此基础上，开发一种性能介于永磁铁氧体和烧结钕铁硼之间的低成本永磁体对于应对永磁体中低端应用需求和缓解企业压力具有重要意义。

近年来研究人员和企业针对降低烧结钕铁硼磁体的成本和推广低端应用方面开展了大量工作，主要通过采用储量丰富且价格低廉的高丰度稀土 La、Ce、Y 等部分替代

金属钕来降低产品成本，且发明了很多不同性能的永磁体，并实现了产业化，这部分磁体主要集中在(BH)_{max} 高于 28MGOe 的永磁体，且大部分应用于对使用温度要求较低的低端应用领域。对于更低磁能积、低成本及高耐温性烧结钕铁硼磁体方面的研究相对较少。因此，开发这一类磁体具有重大的实用价值。

采用高丰度稀土 La、Ce、Y 元素替代 Pr 和 Nd 元素是常用的进一步降低无重稀土烧结钕铁硼磁体成本的方法，但大部分方法都关注制备高磁能积材料和高丰度稀土的替代量，对材料的高温使用特性关注较少。

因此，研究并开发出一种最大磁能积(BH)_{max} 在 5~30MGOe 之间、同时具有耐高温性能优异以及成本低的烧结钕铁硼磁性材料具有重要意义。

发明内容

本发明的主要目的在于提供一种改性烧结钕铁硼永磁材料及其制备方法，以解决现有技术中烧结钕铁硼永磁材料的耐高温性能差和成本高的问题，同时能够弥补现有的粘结钕铁硼和烧结钕铁硼之间的性能空白，以解决现有的永磁材料产品难以满足最大磁能积在 5~30MGOe 之间的市场需求的问题。

为了实现上述目的，本发明一方面提供了一种改性烧结钕铁硼永磁材料，该改性烧结钕铁硼永磁材料包括第一合金，第一合金具有式 (I) 所示化学式： $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_a(\text{LRE})_b\text{TM}_c\text{Fe}_{100\%-a-b-c-d}\text{B}_d$ (I)，其中，LRE 为稀土元素，且 LRE 选自 Gd、Y 和 Ce 元素中的一种或多种，且至少含有 Gd 元素，TM 选自 Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr 和 Ti 元素中的一种或多种，a 为 5~20%，b 为 13~28%，c 为 0.4~5.5%，d 为 0.9~1%。

进一步地，a 为 7~16%，b 为 16~26%，c 为 0.7~3.3%，d 为 0.92~0.98%。

进一步地，改性烧结钕铁硼永磁材料还包括第二合金，第二合金具有式 (II) 所示化学式： $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_x\text{TM}'_y\text{Fe}_{100\%-x-y-z}\text{B}_z$ (II)，其中，TM' 选自 Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr 和 Ti 元素中的一种或多种，x 为 35~45%，y 为 0.5~9%，z 为 0.5~0.9%；优选地，x 为 38~42%，y 为 1.6~4.5%，z 为 0.6~0.8%。

进一步地，以第一合金和第二合金的总重量计，第二合金的重量百分含量不超过30wt%。

进一步地，LRE为Gd和Ce，或者为Gd和Y，或者为Gd、Y和Ce；优选地，LRE为Gd和Ce；更优选地，LRE为Gd和Ce，且Gd和Ce的重量比为(13~18):(8~10)，更进一步优选为(13~15):(8~10)；TM'为Co、Cu和Zr的组合，或者为Al、Co、Cu和Zr的组合，或者为Al、Co、Ga和Zr的组合，或者为Al、Cu、Ga和Zr的组合，或者为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合；优选地，TM'为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合；更优选地，TM'为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合，且Al、Co、Cu、Ga和Zr的重量比为(0~3):(0.2~1.5):(0.1~0.5):(0~0.3):(0.1~0.16)，更进一步优选为(0.2~1.5):(0.2~1.0):(0.1~0.3):(0.1~0.3):(0.1~0.16)；

TM为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合，或者为Al、Co、Cu、Ga和Nb的组合，或者为Al、Co、Cu、Ga和Ti的组合；优选地，TM为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合；更优选地，TM为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合，且Al、Co、Cu、Ga和Zr的重量比为(0.2~3):(0.2~1.5):(0.1~0.5):(0.1~0.3):(0.1~0.16)，更进一步优选为(0.2~1.5):(0.2~1.0):(0.1~0.3):(0.1~0.3):(0.1~0.16)；或，

TM为Al、Co、Cu、Ga、Nb和Zr，或者为Al、Co、Cu、Ga、Zr和Ti的组合；优选地，TM为Al、Co、Cu、Ga、Zr和Ti的组合；更优选地，TM为Al、Co、Cu、Ga、Zr和Ti的组合，且Al、Co、Cu、Ga、Zr和Ti的重量比为(0.2~3):(0.2~1.5):(0.1~0.5):(0.1~0.3):(0.04~0.16):(0.05~0.2)，更进一步优选为(0.2~1.5):(0.2~1.0):(0.1~0.3):(0.1~0.3):(0.04~0.12):(0.05~0.15)。

进一步地，第一合金和第二合金的重量比为(80~90):(10~20)。

为了实现上述目的，本发明另一个方面还提供了一种本申请提供的上述改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，该改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法包括：将Pr-Nd合金、LRE源、TM源与硼铁混合并进行第一熔炼处理和第一甩片处理，得到第一合金铸片；LRE源选自Gd-Fe合金、Y单质和Ce单质中的一种或多种；TM源选自Al单质、Cu单质、Co单质、Ga单质、Nb-Fe合金、Zr单质和Ti单质中的一种或多种；

对第一合金铸片进行破碎处理，得到第一粉末；将第一粉末进行取向成型和压制处理，得到生坯；对生坯进行烧结处理和回火处理，得到改性烧结钕铁硼永磁材料。

进一步地，改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法还包括：将 Pr-Nd 合金、TM'源与硼铁混合并进行第二熔炼处理和第二甩片处理，得到第二合金铸片；TM 源选自 Al 单质、Cu 单质、Co 单质、Ga 单质、Nb-Fe 合金、Zr 单质和 Ti 单质中的一种或多种；在破碎处理的过程中，同时加入第二合金铸片以与第一合金铸片一起进行破碎处理，得到第二粉末；在进行取向成型之前将第二粉末与润滑剂混合；优选地，破碎处理依次包括氢破处理和气流磨制粉，在气流磨过程中加入抗氧化剂，在气流磨制粉结束后得到第二粉末。

进一步地，第一粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 100: (0.05~0.2) : (0.03~0.15)；优选地，第一粉末的平均粒度选自 3.0~3.8 μm 。

进一步地，第一粉末和第二粉末的总重量、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 100: (0.05~0.2) : (0.03~0.15)；优选地，第一粉末和第二粉末的平均粒度分别独立地选自 3.0~3.8 μm 。

应用本发明的技术方案，使特定种类和用量的稀土元素（如 Gd、Y 和 Ce 元素）替代传统烧结钕铁硼永磁材料 ((PrNd)-Fe-B) 中的 Pr、Nd 元素，一方面能够得到最大磁能积 $(BH)_{\text{max}}$ 在 5~30MGOe 范围内且磁性能满足低端领域需求（剩磁 Br 在 6~11kGs、内禀矫顽力 H_{cj} 在 5~11kOe）的改性烧结钕铁硼永磁材料；另一方面特定种类的稀土元素与 TM 元素以本发明特定的重量比（严格控制 a、b、c、d 的取值范围）共同作用能够改善内禀矫顽力的温度系数，从而提高其耐高温性能，使其满足高温条件下的应用。此外，由于 Gd、Y、Ce 等元素在天然资源中的丰度明显高于 Pr、Nd 元素，能够在实现上述效果的同时降低材料本身的成本。

具体实施方式

需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将结合实施例来详细说明本发明。

正如背景技术所描述的，现有的烧结钕铁硼永磁材料存在无法兼具耐高温性能优异和成本低的问题，以及现有的粘结钕铁硼产品和烧结钕铁硼产品之间存在性能空白，难以满足最大磁能积在 5~30MGOe 之间的市场需求。为了解决上述技术问题，本申请提供了一种改性烧结钕铁硼永磁材料，该改性烧结钕铁硼永磁材料包括第一合金，第一合金具有式 (I) 所示化学式： $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_a(\text{LRE})_b\text{TM}_c\text{Fe}_{100\%-a-b-c-d}\text{B}_d$ (I)，其中，LRE 为稀土元素，且 LRE 包括但不限于 Gd、Y 和 Ce 元素中的一种或多种，且至少含有 Gd 元素，TM 包括但不限于 Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr 和 Ti 元素中的一种或多种，a 为 5~20%，b 为 13~28%，c 为 0.4~5.5%，d 为 0.9~1%。

需要说明的是，本申请式 (I) 所示化学式中的 a、b、c 和 d 以及式 (II) 化学式中的 x、y 和 z 分别指对应成分的重量百分含量。

使特定种类和用量的稀土元素（如 Gd、Y 和 Ce 元素）替代传统烧结钕铁硼永磁材料 ((PrNd)-Fe-B) 中的 Pr、Nd 元素，一方面能够得到最大磁能积 $(\text{BH})_{\text{max}}$ 在 5~30MGOe 范围内且磁性能满足低端领域需求（剩磁 Br 在 6~11kGs、内禀矫顽力 H_{cj} 在 5~11kOe）的改性烧结钕铁硼永磁材料；另一方面特定种类的稀土元素与 TM 元素以本发明特定的重量比（严格控制 a、b、c、d 的取值范围）共同作用能够改善内禀矫顽力的温度系数，从而提高其耐高温性能，使其满足高温条件下的应用。此外，由于 Gd、Y、Ce 等元素在天然资源中的丰度明显高于 Pr、Nd 元素，能够在实现上述效果的同时降低材料本身的成本。

在一种优选的实施方式中，a 为 7~16%，b 为 16~26%，c 为 0.7~3.3%，d 为 0.92~0.98%。a、b、c、d 的取值范围分别包括但不限于上述范围，将其进一步限定在上述范围内有利于提高改性烧结钕铁硼永磁材料的磁性能，并使其 $(\text{BH})_{\text{max}}$ 在 5~30MGOe 范围内；同时有利于降低其内禀矫顽力温度系数的绝对值，进而有利于提高其耐高温性能。

在一种优选的实施方式中，改性烧结钕铁硼永磁材料还包括第二合金，第二合金具有式 (II) 所示化学式： $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_x\text{TM}'_y\text{Fe}_{100\%-x-y-z}\text{B}_z$ (II)，其中，TM' 包括但不限于 Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr 和 Ti 元素中的一种或多种，x 为 35~45%，y 为 0.5~9%，z 为 0.5~0.9%。相比于单一合金成分的改性烧结钕铁硼永磁材料，使改性烧结

钕铁硼永磁材料同时含有特定成分第一合金（严格控制 a、b、c、d 的取值范围）与特定成分的第二合金（严格控制 x、y 和 z 的取值范围）有利于发挥二者的协同作用，有利于实现磁耦合隔离，从而有利于提升矫顽力，有利于进一步提高磁性能；同时有利于进一步降低改性烧结钕铁硼永磁材料的内禀矫顽力温度系数的绝对值，进而进一步提高其耐高温性能和最大磁能积等综合性能。相比于其它种类的 TM'，采用上述优选种类的 TM' 一方面能够改善材料的微观结构晶粒结构和晶界相分布，在不降低材料剩磁的情况下更好地提升材料的内禀矫顽力；另一方面可改善材料的烧结特性，能够在一定的温度范围内获得致密和晶粒均匀的磁体，更有利于改性烧结钕铁硼永磁材料的制备。

为了更进一步发挥第一合金和第二合金的协同作用，进而更进一步提高改性烧结钕铁硼永磁材料的磁性能和耐高温性能等综合性能，优选地，x 为 38~42%，y 为 1.6~4.5%，z 为 0.6~0.8%。

在一种优选的实施方式中，以第一合金和第二合金的总重量计，第二合金的重量百分含量不超过 30wt%。当第二合金的重量百分含量超过 30wt% 时，一方面第二合金对改性烧结钕铁硼材料晶界相分布的改善作用会减弱，对内禀矫顽力的提升效果也会减弱；另一方面材料成分中稀土元素含量过多和 B 含量过少，会影响材料的烧结特性，导致改性烧结钕铁硼永磁材料的剩磁和磁能积的下降。将第二晶相的重量百分含量限定在上述范围内有利于发挥二者的协同作用，有利于进一步提高改性烧结钕铁硼永磁材料的耐高温性能，同时进一步降低成本并使磁性能维持较高水平。

在一种优选的实施方式中，LRE 为 Gd 和 Ce，或者为 Gd 和 Y，或者为 Gd、Y 和 Ce。相比于其它种类，采用上述特定种类的 LRE 元素替代 Nd 元素一方面有利于大幅度降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本，另一方面有利于提高其耐高温性能同时使磁性能维持较高水平。

为了进一步在降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本同时提高磁性能和耐高温性能，优选地，LRE 为 Gd 和 Ce；更优选地，LRE 为 Gd 和 Ce，且 Gd 和 Ce 的重量比为 (13~18) : (8~10)，更进一步优选为 (13~15) : (8~10)。

在一种优选的实施方式中，TM'为 Co、Cu 和 Zr 的组合，或者为 Al、Co、Cu 和 Zr 的组合，或者为 Al、Co、Ga 和 Zr 的组合，或者为 Al、Cu、Ga 和 Zr 的组合，或者为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合。相比于其它种类，采用上述特定种类的 TM'元素进行掺杂一方面有利于降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本，另一方面有利于提高其磁性能和耐高温性能。

为了进一步在降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本同时提高磁性能和耐高温性能，优选地，TM'为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合；更优选地，TM'为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合，且 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的重量比为 (0~3) : (0.2~1.5) : (0.1~0.5) : (0~0.3) : (0.1~0.16)，更进一步优选为 (0.2~1.5) : (0.2~1.0) : (0.1~0.3) : (0.1~0.3) : (0.1~0.16)。

在一种优选的实施方式中，TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合，或者为 Al、Co、Cu、Ga 和 Nb 的组合，或者为 Al、Co、Cu、Ga 和 Ti 的组合。相比于其它种类，采用上述特定种类的 TM 元素进行掺杂，一方面有利于降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本，另一方面有利于提高其磁性能和耐高温性能。

为了进一步在降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本同时提高磁性能和耐高温性能，优选地，TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合；更优选地，TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合，且 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的重量比为 (0.2~3) : (0.2~1.5) : (0.1~0.5) : (0.1~0.3) : (0.1~0.16)，更进一步优选为 (0.2~1.5) : (0.2~1.0) : (0.1~0.3) : (0.1~0.3) : (0.1~0.16)。

在另一种优选的实施方式中，TM 为 Al、Co、Cu、Ga、Nb 和 Zr，或者为 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的组合。相比于其它种类，采用上述特定种类的 TM 元素进行掺杂，一方面有利于降低改性烧结钕铁硼永磁材料的成本，另一方面有利于提高其磁性能和耐高温性能。

优选地，TM 为 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的组合；更优选地，TM 为 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的组合，且 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的重量比为 (0.2~3) : (0.2~

1.5) : (0.1~0.5) : (0.1~0.3) : (0.04~0.16) : (0.05~0.2) , 更进一步优选为 (0.2~1.5) : (0.2~1.0) : (0.1~0.3) : (0.1~0.3) : (0.04~0.12) : (0.05~0.15) 。

在一种优选的实施方式中, 第一合金和第二合金的重量比为(80~90):(10~20)。第一合金和第二合金的重量比包括但不限于上述范围, 将其限定在上述范围内有利于进一步发挥二者的协同作用, 有利于进一步提高改性烧结钕铁硼永磁材料的耐高温性能, 同时进一步降低成本。

本申请第二方面还提供了一种本申请提供的上述改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法, 该改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法包括: 将 Pr-Nd 合金、LRE 源、TM 源与硼铁混合并进行第一熔炼处理和第一甩片处理, 得到第一合金铸片; LRE 源包括但不限于 Gd-Fe 合金、Y 单质和 Ce 单质中的一种或多种; TM 源包括但不限于 Al 单质、Cu 单质、Co 单质、Ga 单质、Nb-Fe 合金、Zr 单质和 Ti 单质中的一种或多种; 对第一合金铸片进行破碎处理, 得到第一粉末; 将第一粉末进行取向成型和压制处理, 得到生坯; 对生坯进行烧结处理和回火处理, 得到改性烧结钕铁硼永磁材料。

对上述原料进行第一熔炼处理以便于进行后续的第一甩片处理, 得到第一合金铸片; 对第一合金铸片进行破碎处理能够将其破碎细化成粒度较小的第一粉末, 便于后续进行取向成型处理; 取向成型处理是指在外磁场作用下使第一粉末克服粉末颗粒之间的摩擦力和团聚从而形成具有取向度的处理; 压制处理是指采用压力使第一粉末获得密实度和形状, 从而得到生坯; 将第一粉末进行取向成型和压制处理之后, 得到生坯; 对生坯进行烧结处理和回火处理, 得到改性烧结钕铁硼永磁材料。

为了进一步提高破碎处理的效果和粒径更加均一的粉末, 在一种优选的实施方式中, 第一粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 100: (0.05~0.2) : (0.03~0.15) 。优选地, 第一粉末的平均粒度包括但不限于 3.0~3.8 μm 。

在一种优选的实施方式中, 改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法还包括: 将 Pr-Nd 合金、TM' 源与硼铁混合并进行第二熔炼处理和第二甩片处理, 得到第二合金铸片; TM 源包括但不限于 Al 单质、Cu 单质、Co 单质、Ga 单质、Nb-Fe 合金、Zr 单质和 Ti 单质中的一种或多种; 在破碎处理的过程中, 同时加入第二合金铸片以与第一合金

铸片一起进行破碎处理，得到第二粉末；在进行取向成型之前将第二粉末与润滑剂混合。采用上述处理方法能够得到晶界相分布更均匀的改性烧结钕铁硼永磁材料，能够实现磁耦合隔离，从而能够有效地提升矫顽力和耐高温性能。将第二粉末与润滑剂混合后再进行取向成型处理能够减小第二粉末颗粒之间的摩擦力，便于加工和提升材料的取向度。

氢破处理可分为吸氢和脱氢两个阶段，其原理是利用氢与富 Nd 相和主相发生氢化反应。氢破处理后能够得到酥脆的粉末，进而有利于进一步细破碎。气流磨制粉是利用高压气体流将氢破处理的粉末颗粒加速到超音速，并使粉末颗粒间相互对撞而发生破碎的工艺。在一种优选的实施方式中，破碎处理依次包括氢破处理和气流磨制粉，在气流磨制粉过程中加入抗氧化剂，在气流磨制粉结束后得到第二粉末。在气流磨制粉过程中加入抗氧化剂有利于抑制第一粉末以及第二粉末被环境中的氧气等氧化性物质氧化，进而防止因氧化导致的性能骤降。

为了进一步提高破碎处理的效果和粒径更加均一的粉末，在一种优选的实施方式中，第一粉末和第二粉末的总重量、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 100: (0.05~0.2) : (0.03~0.15)。优选地，第一粉末和第二粉末的平均粒度分别独立地包括但不限于 3.0~3.8 μm 。

本申请采用的抗氧化剂包括但不限于东阳安泰 YKJ-10、天津悦晟 YSH-01、宁波昊天 HT-3 中的一种或多种。本申请采用的润滑剂包括但不限于宁波昊天 HT-3、天津悦晟 YSH-06 中的一种或多种。

在一种优选的实施方式中，第一熔炼处理和第二熔炼处理过程的温度分别独立地包括但不限于 1450~1520 $^{\circ}\text{C}$ 。第一熔炼处理和第二熔炼处理过程的温度包括但不限于上述范围，将其限定在上述范围内有利于提高后续形成的第一合金铸片和第二合金铸片的晶型均一性，进而提高后续制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的磁性能和耐高温性能，同时进一步控制制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的 $(\text{BH})_{\text{max}}$ 在 5~30MGOe 范围内。第一熔炼处理的温度可以为 1450 $^{\circ}\text{C}$ 、1480 $^{\circ}\text{C}$ 、1490 $^{\circ}\text{C}$ 、1520 $^{\circ}\text{C}$ 等；第二熔炼处理的温度可以为 1450 $^{\circ}\text{C}$ 、1470 $^{\circ}\text{C}$ 、1520 $^{\circ}\text{C}$ 等。

在一种优选的实施方式中，取向成型的过程在含氧量不超过 0.01% 的环境中进行。将取向成型的过程在含氧量限定在上述范围内有利于抑制原料被环境中的氧气氧化，进而抑制对改性烧结钕铁硼永磁材料磁性能和耐高温性能的不利影响。

在一种优选的实施方式中，压制处理为冷等静压处理，冷等静压处理的压强为 180~200MPa，时间为 60~120s。

在一种优选的实施方式中，烧结处理过程的温度为 1000~1060℃，时间为 2~10h，真空度不超过 5×10^{-2} Pa。烧结处理过程的温度和时间包括但不限于上述范围，将其限定在上述范围内有利于进一步降低改性烧结钕铁硼永磁材料的内禀矫顽力温度系数的绝对值，进而进一步提高其耐高温性能。

为了更进一步降低内禀矫顽力温度系数的绝对值，进而更进一步提高其耐高温性能，优选地，烧结处理过程的温度为 1030~1050℃，时间为 4~8h，真空度低于 5×10^{-2} Pa。

在一种优选的实施方式中，回火处理过程为阶段回火处理，包括第一段回火处理和第二段回火处理；第一段回火处理的温度为 850~950℃，时间为 1~3h；第二段回火处理为 480~600℃，时间为 3~6h。回火处理过程中，第一段回火处理的温度和时间以及第二段回火处理的温度和时间分别包括但不限于上述范围，将其限定在上述范围内有利于进一步降低改性烧结钕铁硼永磁材料的内禀矫顽力温度系数的绝对值，进而进一步提高其耐高温性能。

以下结合具体实施例对本申请作进一步详细描述，这些实施例不能理解为限制本申请所要求保护的范围。

实施例 1

一种改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，包括：

将 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁混合并进行第一熔炼处理，第一熔炼处理的温度为 1490℃，第一甩片处

理后得到厚度为0.2~0.4mm的第一合金铸片,其中厚度为0.25~0.35mm的铸片占90%以上;

将上述制得的第一合金铸片进行氢破处理,加入抗氧化剂(东阳安泰 YKJ-10)混合并搅拌 40min,进行气流磨制粉,之后加入润滑剂(天津悦晟 YSH-06)并搅拌 60min,得到平均粒度为 3.4 μm 的第一粉末;第一粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 100:0.1:0.08;

将上述第二粉末在氧含量小于 0.01%的成型压机中进行成型,得到密度为 3.75g/cm³ 的压坯,然后经冷等静压处理后得到密度为 4.4g/cm³ 的生坯;冷等静压处理的压强为 180MPa,时间为 120s;

对上述制得的生坯转移至烧结炉中进行烧结处理,抽真空至 $<5 \times 10^{-2}\text{Pa}$,烧结处理的温度为 1030 $^{\circ}\text{C}$,时间为 4.5h,再进行阶段回火处理:第一段回火处理的温度为 890 $^{\circ}\text{C}$,时间为 2h;第二段回火处理为 540 $^{\circ}\text{C}$,时间为 5h,最终得到改性烧结钕铁硼永磁材料。

本实施例中制得的改性烧结钕铁硼永磁材料由第一合金构成,该第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_5\text{Gd}_{18}\text{Ce}_{10}\text{Fe}_{62.51}\text{Al}_3\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.1}\text{Ga}_{0.1}\text{Zr}_{0.13}\text{B}_{0.96}$,其中 a 为 5%,b 为 28%,c 为 3.53%,d 为 0.96%。

实施例 2

与实施例 1 的区别在于:改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁的用量比例;第一熔炼处理的温度为 1480 $^{\circ}\text{C}$,得到的第一粉末的平均粒度为 3.3 μm 。

本实施例中最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料由第一合金构成,该第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{6.5}\text{Gd}_{16}\text{Ce}_{10}\text{Fe}_{63.31}\text{Al}_2\text{Co}_{0.5}\text{Cu}_{0.3}\text{Ga}_{0.3}\text{Zr}_{0.13}\text{B}_{0.96}$,其中 a 为 6.5%,b 为 26%,c 为 3.23%,d 为 0.96%;

实施例 3

与实施例 1 的区别在于：改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁的用量比例；第一熔炼处理的温度为 1480℃。

本实施例中最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料由第一合金构成，该第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{7.5}\text{Gd}_{15}\text{Ce}_{10}\text{Fe}_{63.41}\text{Al}_{1.5}\text{Co}_1\text{Cu}_{0.3}\text{Ga}_{0.2}\text{Zr}_{0.13}\text{B}_{0.96}$ ，其中 a 为 7.5%，b 为 25%，c 为 3.13%，d 为 0.96%。

实施例 4

一种改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法不同，包括：

将 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁混合并进行第一熔炼处理，第一熔炼处理的温度为 1480℃，第一甩片处理后得到厚度为 0.2~0.4mm 的第一合金铸片，其中厚度为 0.25~0.35mm 的第一合金铸片占 90%以上；

将 Pr-Nd 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁混合并进行第二熔炼处理，第二熔炼处理的温度为 1450℃，第二甩片处理后得到厚度为 0.2~0.4mm 的第二合金铸片，其中厚度为 0.25~0.35mm 的第二合金铸片占 90%以上；

将上述制得的第一合金铸片与第二合金铸片混合，依次进行氢破处理和气流磨制粉；在气流磨过程中加入抗氧化剂（东阳安泰 YKJ-10）混合并搅拌 40min，加入润滑剂（天津悦晟 YSH-01 和 YSH-06）并搅拌 60min，得到平均粒度为 3.3 μm 的第二粉末；第一粉末、第二粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 90:10:0.1:0.11，其中润滑剂 YSH-01 与 YSH-06 的重量比为 0.03:0.08；

将上述第二粉末在氧含量小于 0.01% 的成型压机中进行成型，得到密度为 3.8g/cm³ 的压坯，然后经冷等静压处理后得到密度为 4.45g/cm³ 的生坯；冷等静压处理的压强为 180MPa，时间为 120s；

对上述制得的生坯转移至烧结炉中进行烧结处理，抽真空至 $<5 \times 10^{-2}\text{Pa}$ ，烧结处理的温度为 1045℃，时间为 4.5h，再进行阶段回火处理，其中第一段回火处理的温度

为 890℃，时间为 2h；第二段回火处理为 550℃，时间为 5h，最终得到改性烧结钕铁硼永磁材料。

与实施例 1 相比，实施例 4 制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中第一合金的成分不同中还引入了第二合金，改性烧结钕铁硼永磁材料由第一合金和第二合金构成。具体地，第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{6.5}\text{Gd}_{15}\text{Ce}_{10}\text{Fe}_{65.96}\text{Al}_1\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.1}\text{Ga}_{0.1}\text{Zr}_{0.16}\text{B}_{0.98}$ ，其中 a 为 6.5%，b 为 25%，c 为 1.56%，d 为 0.98%，第二合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{40}\text{Fe}_{55.7}\text{Al}_{1.5}\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{Zr}_{0.1}\text{B}_{0.7}$ ，其中 x 为 40%，y 为 2.8%，z 为 0.7%。

实施例 5

第二合金的成分与实施例 4 相同。与实施例 4 的区别在于：改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_8\text{Gd}_{14}\text{Ce}_9\text{Fe}_{66.96}\text{Al}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.1}\text{Ga}_{0.1}\text{Zr}_{0.16}\text{B}_{0.98}$ ，其中 a 为 8%，b 为 23%，c 为 1.06%，d 为 0.98%；第二熔炼处理的温度为 1470℃，第一粉末、第二粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 85:15:0.1:1.1。

实施例 6

第二合金的成分与实施例 4 相同。与实施例 4 的区别在于：改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_9\text{Gd}_{13}\text{Ce}_8\text{Fe}_{67.66}\text{Al}_{0.2}\text{Co}_{0.5}\text{Cu}_{0.2}\text{Ga}_{0.3}\text{Zr}_{0.16}\text{B}_{0.98}$ ，其中 a 为 9%，b 为 21%，c 为 1.36%，d 为 0.98%；第二熔炼处理的温度为 1490℃，第一粉末、第二粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 80:20:0.1:1.1，烧结处理的温度为 1050℃。

实施例 7

与实施例 1 的区别在于：第一熔炼处理的对象不同，改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Co 单质、Cu 单质、Ti 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{20}\text{Gd}_{10}\text{Ce}_3\text{Fe}_{65.7}\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.1}\text{Ti}_{0.1}\text{B}_{0.9}$ ，其中 a 为 20%，b 为 13%，c 为 0.4%，d 为 0.9%。

实施例 8

与实施例 1 的区别在于：第一熔炼处理的对象不同，改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Ti 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_5\text{Gd}_{18}\text{Ce}_{10}\text{Fe}_{60.5}\text{Al}_3\text{Co}_{1.5}\text{Cu}_{0.5}\text{Ga}_{0.3}\text{Ti}_{0.2}\text{B}_1$ ，其中 a 为 5%，b 为 28%，c 为 5.5%，d 为 1%。

实施例 9

与实施例 1 的区别在于：第一熔炼处理的对象不同，改变 Pr-Nd 合金、Gd-Fe 合金、Ce 单质、Y 单质、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Zr 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_5\text{Gd}_{13}\text{Ce}_{10}\text{Y}_5\text{Fe}_{62.51}\text{Al}_3\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.1}\text{Ga}_{0.1}\text{Zr}_{0.13}\text{B}_{0.96}$ ，其中 LRE 为 Gd、Ce 和 Y 元素，且 a、b、c 和 d 分别与实施例 1 相同。

实施例 10

第一合金的成分与实施例 4 相同。与实施例 4 的区别在于：第二熔炼处理的对象不同，改变 Pr-Nd 合金、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Ti 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第二合金的成分为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{35}\text{Fe}_{56.1}\text{Al}_2\text{Co}_2\text{Cu}_{1.5}\text{Ga}_{1.5}\text{Ti}_1\text{B}_{0.9}$ ，其中 x 为 35%，y 为 8%，z 为 0.9%。

实施例 11

与实施例 4 的区别在于：

第一熔炼处理的对象不同，仅改变 Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Zr 单质以及 Ti 单质的用量比例，其余原料不变，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金中的 Al、Co、Cu、Zr 和 Ti 元素用量比例不同，其第一合金的成分为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{6.5}\text{Gd}_{15}\text{Ce}_{10}\text{Fe}_{65.96}\text{Al}_1\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.2}\text{Zr}_{0.06}\text{Ti}_{0.1}\text{B}_{0.98}$ ，且 a、b、c 和 d 分别与实施例 1 相同；

第二熔炼处理的对象不同，将 Pr-Nd 合金、Cu 单质以及 Ti 单质与硼铁混合并进行第二熔炼处理，TM'为 Cu 和 Ti 元素的组合，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第二合金的成分为 $(Pr_{0.25}Nd_{0.75})_{45}Fe_{54}Cu_{0.3}Ti_{0.2}B_{0.5}$ ，TM'为 Cu 和 Ti 元素的组合，其中 x 为 45%，y 为 0.5%，z 为 0.5%。

实施例 12

与实施例 4 的区别在于：

第一熔炼处理的对象不同，仅将原料中的 Zr 单质替换为等量的 Ti 单质，原料用量比例不变，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第一合金的成分为 $(Pr_{0.25}Nd_{0.75})_{6.5}Gd_{15}Ce_{10}Fe_{65.96}Al_1Co_{0.2}Cu_{0.1}Ga_{0.1}Ti_{0.16}B_{0.98}$ ，其中 TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Ti 元素的组合，且 a、b、c 和 d 分别与实施例 4 相同；

第二熔炼处理的对象不同，将 Pr-Nd 合金、Co 单质与硼铁混合并进行第二熔炼处理，改变 Pr-Nd 合金、Co 单质与硼铁的用量比例，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中的第二合金的成分为 $(Pr_{0.25}Nd_{0.75})_{50}Fe_{48.8}Co_{0.2}B_1$ ，TM'仅为 Co 元素，其中 x 为 50%，y 为 0.2%，z 为 1%。

实施例 13

与实施例 4 的区别在于：改变破碎处理过程中第一合金铸片与第二合金铸片的重量比，使得制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中第一合金与第二合金的重量比为 70:30。

实施例 14

与实施例 4 的区别在于：改变破碎处理过程中第一合金铸片与第二合金铸片的重量比，使得制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中第一合金与第二合金的重量比为 60:40。

实施例 15

与实施例 4 的区别在于：第一合金熔炼处理的温度为 1350℃，第二合金熔炼处理的温度为 1550℃。

对比例 1

与实施例 1 的区别在于：采用传统烧结钕铁硼永磁材料进行磁性能测试，该传统烧结钕铁硼永磁材料的成分为 $(\text{PrNd})_{32}\text{Fe}_{66.49}\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.2}\text{Zr}_{0.15}\text{B}_{0.96}$ ，其制备过程如下：

将 Pr-Nd 合金、Co 单质、Cu 单质、Zr 单质与硼铁混合并进行第一熔炼处理，第一熔炼处理的温度为 1500℃，第一甩片处理后得到厚度为 0.2~0.4mm 的合金铸片，其中厚度为 0.25~0.35mm 的铸片占 90% 以上；

将上述制得的第一合金铸片进行依次进行氢破处理和气流磨制粉，其中气流磨制粉前加入抗氧化剂（东阳安泰 YKJ-10）混合并搅拌 40min，气流磨后加入润滑剂（天津悦晟 YSH-06）混合并搅拌 60min，得到平均粒度为 3.2 μm 的第一粉末；第一粉末、抗氧化剂与润滑剂的重量比为 100:0.1:0.08；

将上述粉末在氧含量小于 0.01% 的成型压机中进行成型，得到密度为 3.75g/cm³ 的压坯，然后经冷等静压处理后得到密度为 4.4g/cm³ 的生坯；其中冷等静压处理的压强为 180MPa，时间为 120s；

对上述制得的生坯转移至烧结炉中进行烧结处理，抽真空至 $<5 \times 10^{-2}\text{Pa}$ ，烧结处理的温度为 1075℃，时间为 4.5h，再进行阶段回火处理：第一段回火处理的温度为 920℃，时间为 2h；第二段回火处理为 520℃，时间为 5h，最终得到烧结钕铁硼永磁材料。

对比例 2

与对比例 1 的区别在于：第一熔炼处理的对象不同，将 Pr-Nd 合金、Dy-Fe 合金、Al 单质、Co 单质、Cu 单质、Ga 单质、Ti 单质与硼铁混合并进行第一熔炼处理，改变上述原料的用量比例，使最终制得的烧结钕铁硼材料的成分为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_{27}\text{Dy}_4\text{Fe}_{65.33}\text{Al}_{0.8}\text{Co}_1\text{Cu}_{0.4}\text{Ga}_{0.4}\text{Ti}_{0.16}\text{B}_{0.91}$ ，其中 LRE 仅为 Dy 元素，TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Ti 元素的组合。

对比例 3

与实施例 1 的区别在于：第一熔炼处理的对象不同，原料中未包含 Gd-Fe 合金；最终制得的烧结钕铁硼材料的成分为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_5\text{Ce}_{23}\text{Fe}_{62.59}\text{Al}_3\text{Co}_{0.2}\text{Cu}_{0.1}\text{Zr}_{0.15}\text{B}_{0.96}$ ，其中未包含 Gd 元素。

对比例 4

与实施例 1 的区别在于：第一熔炼处理的对象不同，且各原料用量不同，使得最终制得的改性烧结钕铁硼永磁材料中第一合金的成分为 $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_3\text{Gd}_{30}\text{Fe}_{62.35}\text{Co}_{0.2}\text{Zr}_{0.15}\text{B}_{1.1}$ ，且 a 为 3%，b 为 30%，c 为 0.35%，d 为 1.1%。

采用永磁材料测试 B-H 仪 NIM-2000 对本申请全部实施例和对比例中制得的改性烧结钕铁硼永磁材料分别进行室温（20℃）和高温（120℃）磁性能测试，并计算温度剩磁 Br 温度系数和内禀矫顽力 Hcj 温度系数。剩磁 Br 温度系数的计算公式为： $\alpha=(\text{Br}_1-\text{Br}_0)/(\text{Br}_0)\times 100\%$ ，其中 Br_1 为 120℃ 条件下测得的改性烧结钕铁硼永磁材料的剩磁， Br_0 为 20℃ 条件下测得的剩磁。内禀矫顽力 Hcj 温度系数的计算公式为： $\beta=(\text{Hcj}_1-\text{Hcj}_0)/(\text{Hcj}_0)\times 100\%$ ，其中 Hcj_1 为 120℃ 条件下测得的改性烧结钕铁硼永磁材料的内禀矫顽力， Hcj_0 为 20℃ 条件下测得的内禀矫顽力。

测试结果见表 1。改性烧结钕铁硼永磁材料具有负温度系数，其磁化强度和内禀矫顽力会随着温度的升高而降低，因此表 1 中的数据为负值。

表 1

	Br/kGs	Hcj/kOe	(BH)max/MGOe	$\alpha(\text{Br})/(\%/^\circ\text{C})$	$\beta(\text{Hcj})/(\%/^\circ\text{C})$
实施例 1	6.65	9.176	10.64	-0.1173	-0.6801
实施例 2	7.58	10.452	13.46	-0.1083	-0.5742
实施例 3	8.21	9.636	15.92	-0.1028	-0.4316
实施例 4	9.02	9.400	19.28	-0.1056	-0.4675
实施例 5	9.64	9.250	22.52	-0.1063	-0.4845
实施例 6	10.26	9.890	25.64	-0.1058	-0.4781
实施例 7	10.74	10.586	28.98	-0.1054	-0.4853
实施例 8	6.32	9.522	9.84	-0.1158	-0.6741
实施例 9	7.67	5.28	13.89	-0.1325	-0.7588
实施例 10	9.14	9.650	19.65	-0.1061	-0.4686
实施例 11	9.09	9.180	19.48	-0.1067	-0.4662
实施例 12	8.83	8.75	18.89	-0.1112	-0.4922

实施例 13	9.43	10.870	22.04	-0.1054	-0.4831
实施例 14	8.42	9.670	15.44	-0.1087	-0.5335
实施例 15	8.55	7.640	17.88	-0.1154	-0.5458
对比例 1	14.24	12.58	50.56	-0.1286	-0.7247
对比例 2	11.96	26.34	34.21	-0.1103	-0.5366
对比例 3	6.87	1.596	10.96	-0.1387	-0.8336
对比例 4	7.96	3.225	14.63	-0.0945	-0.3872

从以上的描述中，可以看出，本发明上述的实施例实现了如下技术效果：

比较实施例 1 以及对比例 1 至 4 可知，使特定种类和用量的稀土元素（如 Gd、Y 和 Ce 元素）替代传统烧结钕铁硼永磁材料（(PrNd)-Fe-B）中的 Pr、Nd 元素，一方面能够得到最大磁能积 $(BH)_{max}$ 在 5~30MGOe 范围内且磁性能满足低端领域需求（剩磁 Br 在 6~11kGs、内禀矫顽力 H_{cj} 在 5~11kOe）的改性烧结钕铁硼永磁材料；另一方面特定种类的稀土元素与 TM 元素以本发明特定的重量比（严格控制 a、b、c、d 的取值范围）共同作用能够改善内禀矫顽力的温度系数，从而提高其耐高温性能，使其满足高温条件下的应用。

比例实施例 2 至 7 以及 10 至 14 和对比例 1、2 可知，使特定种类的稀土元素 Gd 和 Ce 替代烧结钕铁硼永磁材料中的 Pr、Nd 元素，以及采用特定配比的 TM 元素，虽然所得材料的 H_{cj}（6~11kOe）比常规烧结钕铁硼材料的低很多，但其剩磁和内禀矫顽力温度系数显著优于 N 牌号（H_{cj} 在 12~14kOe 之间）烧结钕铁硼永磁材料，接近甚至优于 UH 牌号（H_{cj} 在 25~30kOe）烧结钕铁硼永磁材料，这使得本申请中的改性烧结钕铁硼材料可以满足 150℃以内的高温应用需求。

比较实施例 1、7 和 8 以及对比例 4 可知，对比例 4 中制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的第一合金中的 Gd 元素含量很高（高达 30%），而实施例 1、7 和 8 中的 Gd 元素含量在本申请优选范围内。结合表 1 中对比例 4 测得的性能结果可知，虽然对比例 4 耐高温性能相较于实施例 1、7 和 8 略有提升，但是其内禀矫顽力 H_{cj} 仅为 3.225kOe（明显低于实施例 1、7 和 8），综合性能较差，不利于实际应用。这表明，将第一合金中 a、b、c 和 d 的取值分别限定在本申请优选范围内并采用本申请优选种类的 LRE 和 TM 元素能够提高制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的耐高温性能。

比较实施例 1、9 以及对比例 2 和 3 可知，相比于其它种类的元素，采用本申请优选种类的 LRE 元素能够提高制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的耐高温性能。由表 1 中对比例 2 测得的性能结果可知，虽然对比例 2 满足高性能的烧结钕铁硼材料牌号 N35UH，其性能较优异。但是比较实施例 1 和对比例 2 可知，对比例 2 中改性烧结钕铁硼永磁材料的制备成本显著高于实施例 1。这表明采用本申请特定种类和用量的稀土元素替代传统烧结钕铁硼永磁材料中的 Pr、Nd 元素不仅能够提高耐高温性能，还能够降低制备成本。

比较实施例 1、10 至 12 可知，相比于具有单一合金成分改性烧结钕铁硼永磁材料，使改性烧结钕铁硼永磁材料同时含有第一合金与第二合金有利于发挥二者的协同作用，有利于进一步提高磁性能；同时有利于进一步降低改性烧结钕铁硼永磁材料的内禀矫顽力温度系数的绝对值，进而进一步提高其耐高温性能。

比较实施例 4、13 和 14 可知，相比于其它范围，将第一合金与第二合金的重量比限定在本申请优选范围范围内有利于高效发挥二者的协同作用，有利于进一步提高改性烧结钕铁硼永磁材料的耐高温性能，同时进一步降低成本并使磁性能维持较高水平。

比较实施例 4 和 15 可知，第一熔炼处理和第二熔炼处理过程的温度包括但不限于本申请优选范围，将其限定在本申请优选范围内有利于提高后续形成的第一合金铸片和第二合金铸片的晶型均一性，进而提高后续制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的磁性能和耐高温性能，同时进一步控制制得的改性烧结钕铁硼永磁材料的 $(BH)_{\max}$ 在 5~30MGOe 范围内。

需要说明的是，本申请的说明书和权利要求书中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的术语在适当情况下可以互换，以便这里描述的本申请的实施方式例如能够以除了在这里描述的那些以外的顺序实施。

以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种改性烧结钕铁硼永磁材料，其特征在于，所述改性烧结钕铁硼永磁材料包括第一合金，所述第一合金具有式（I）所示化学式： $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_a(\text{LRE})_b\text{TM}_c\text{Fe}_{100\%-a-b-c-d}\text{B}_d$ （I），其中，LRE为稀土元素，且所述LRE选自Gd、Y和Ce元素中的一种或多种，且至少含有Gd元素，TM选自Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr和Ti元素中的一种或多种，a为5~20%，b为13~28%，c为0.4~5.5%，d为0.9~1%。
2. 根据权利要求1所述的改性烧结钕铁硼永磁材料，其特征在于，所述a为7~16%，所述b为16~26%，所述c为0.7~3.3%，所述d为0.92~0.98%。
3. 根据权利要求1或2所述的改性烧结钕铁硼永磁材料，其特征在于，所述改性烧结钕铁硼永磁材料还包括第二合金，所述第二合金具有式（II）所示化学式： $(\text{Pr}_{0.25}\text{Nd}_{0.75})_x\text{TM}'_y\text{Fe}_{100\%-x-y-z}\text{B}_z$ （II），其中，TM'选自Al、Cu、Co、Ga、Nb、Zr和Ti元素中的一种或多种，x为35~45%，y为0.5~9%，z为0.5~0.9%；

优选地，所述x为38~42%，所述y为1.6~4.5%，所述z为0.6~0.8%。

4. 根据权利要求3所述的改性烧结钕铁硼永磁材料，其特征在于，以所述第一合金和第二合金的总重量计，所述第二合金的重量百分含量不超过30wt%。
5. 根据权利要求4所述的改性烧结钕铁硼永磁材料，其特征在于，所述LRE为Gd和Ce，或者为Gd和Y，或者为Gd、Y和Ce；优选地，所述LRE为Gd和Ce；更优选地，所述LRE为Gd和Ce，且所述Gd和所述Ce的重量比为（13~18）：（8~10），更进一步优选为（13~15）：（8~10）；

所述TM'为Co、Cu和Zr的组合，或者为Al、Co、Cu和Zr的组合，或者为Al、Co、Ga和Zr的组合，或者为Al、Cu、Ga和Zr的组合，或者为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合；优选地，所述TM'为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合；更优选地，所述TM'为Al、Co、Cu、Ga和Zr的组合，且所述Al、所述Co、所述Cu、所述Ga和所述Zr的重量比为（0~3）：（0.2~1.5）：（0.1~0.5）：（0~0.3）：（0.1~0.16），更进一步优选为（0.2~1.5）：（0.2~1.0）：（0.1~0.3）：（0.1~0.3）：（0.1~0.16）；

所述 TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合，或者为 Al、Co、Cu、Ga 和 Nb 的组合，或者为 Al、Co、Cu、Ga 和 Ti 的组合；优选地，所述 TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合；更优选地，所述 TM 为 Al、Co、Cu、Ga 和 Zr 的组合，且所述 Al、所述 Co、所述 Cu、所述 Ga 和所述 Zr 的重量比为 $(0.2\sim 3):(0.2\sim 1.5):(0.1\sim 0.5):(0.1\sim 0.3):(0.1\sim 0.16)$ ，更进一步优选为 $(0.2\sim 1.5):(0.2\sim 1.0):(0.1\sim 0.3):(0.1\sim 0.3):(0.1\sim 0.16)$ ；或，

所述 TM 为 Al、Co、Cu、Ga、Nb 和 Zr，或者为 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的组合；优选地，所述 TM 为 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的组合；更优选地，所述 TM 为 Al、Co、Cu、Ga、Zr 和 Ti 的组合，且所述 Al、所述 Co、所述 Cu、所述 Ga、所述 Zr 和所述 Ti 的重量比为 $(0.2\sim 3):(0.2\sim 1.5):(0.1\sim 0.5):(0.1\sim 0.3):(0.04\sim 0.16):(0.05\sim 0.2)$ ，更进一步优选为 $(0.2\sim 1.5):(0.2\sim 1.0):(0.1\sim 0.3):(0.1\sim 0.3):(0.04\sim 0.12):(0.05\sim 0.15)$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，其特征在于，所述第一合金和所述第二合金的重量比为 $(80\sim 90):(10\sim 20)$ 。
7. 一种权利要求 1 或 2 所述的改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，其特征在于，所述改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法包括：

将 Pr-Nd 合金、LRE 源、TM 源与硼铁混合并进行第一熔炼处理和第一甩片处理，得到第一合金铸片；所述 LRE 源选自 Gd-Fe 合金、Y 单质和 Ce 单质中的一种或多种；所述 TM 源选自 Al 单质、Cu 单质、Co 单质、Ga 单质、Nb-Fe 合金、Zr 单质和 Ti 单质中的一种或多种；

对所述第一合金铸片进行破碎处理，得到第一粉末；

将所述第一粉末进行取向成型和压制处理，得到生坯；

对所述生坯进行烧结处理和回火处理，得到所述改性烧结钕铁硼永磁材料。

8. 根据权利要求 7 所述的改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，其特征在于，所述改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法还包括：

将 Pr-Nd 合金、TM'源与硼铁混合并进行第二熔炼处理和第二甩片处理，得到第二合金铸片；所述 TM 源选自 Al 单质、Cu 单质、Co 单质、Ga 单质、Nb-Fe 合金、Zr 单质和 Ti 单质中的一种或多种；

在所述破碎处理的过程中，同时加入所述第二合金铸片以与所述第一合金铸片一起进行所述破碎处理，得到第二粉末；

在进行所述取向成型之前将所述第二粉末与润滑剂混合；

优选地，所述破碎处理依次包括氢破处理和气流磨制粉，在所述气流磨过程中加入抗氧化剂，在所述气流磨制粉结束后得到所述第二粉末。

9. 根据权利要求 7 所述的改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，其特征在于，所述第一粉末、所述抗氧化剂与所述润滑剂的重量比为 $100:(0.05\sim 0.2):(0.03\sim 0.15)$ ；

优选地，所述第一粉末的平均粒度选自 $3.0\sim 3.8\mu\text{m}$ 。

10. 根据权利要求 8 所述的改性烧结钕铁硼永磁材料的制备方法，其特征在于，所述第一粉末和所述第二粉末的总重量、所述抗氧化剂与所述润滑剂的重量比为 $100:(0.05\sim 0.2):(0.03\sim 0.15)$ ；

优选地，所述第一粉末和所述第二粉末的平均粒度分别独立地选自 $3.0\sim 3.8\mu\text{m}$ 。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/135691

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01F1/057(2006.01)i;H01F41/02(2006.01)j		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC: H01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CJFD, CNTXT, DWPI, ENTXT, ENTXTC, VEN, WPABS, WPABSC, STN, CNABS, USTXT, WOTXT, CNKI: 浙江东阳东磁稀土有限公司, 安小鑫, 郝忠彬, 刘小浪, 洪群峰, 镨, Pr, praseodymium, 钕, Nd, neodymium, 钆, Gd, gadolinium, 铈, Ce, cerium, 钇, Y, yttrium, 铝, Al, als, alt, aluminium, aluminum, 铜, Cu, copper, cuprum, 钴, Co, cobalt, 镓, Ga, gallium, 铌, Nb, niobium, 钛, Ti, titanium, titanic, 锆, Zr, zirconium, 铁, Fe, iron, ferro, ferrum, ferrumiron, determined, 烧结, sinter???, 回火, temper???, 氢破, Hydrogen breaking, 气流磨, Jet milling, 润滑剂, Lubricant		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105225781 A (CENTRAL IRON & STEEL RESEARCH INSTITUTE) 06 January 2016 (2016-01-06) description, paragraphs [0119]-[0126]	1, 2, 7
Y	CN 105225781 A (CENTRAL IRON & STEEL RESEARCH INSTITUTE) 06 January 2016 (2016-01-06) description, paragraphs [0119]-[0126]	3-6, 8-10
X	CN 105845425 A (NINGBO HONGLEI MAGNETICS CO., LTD.) 10 August 2016 (2016-08-10) description, paragraphs [0007]-[0020] and [0060], and embodiment 25	1, 2, 7
Y	CN 105845425 A (NINGBO HONGLEI MAGNETICS CO., LTD.) 10 August 2016 (2016-08-10) description, paragraphs [0007]-[0020] and [0060], and embodiment 25	3-6, 8-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
01 February 2023		08 March 2023
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 108364739 A (JINGCI MATERIAL SCIENCE CO., LTD.) 03 August 2018 (2018-08-03) description, paragraphs [0004]-[0015]	3-6, 8-10
Y	CN 106601407 A (BAOTOU SHENTOU RARE EARTH TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD.) 26 April 2017 (2017-04-26) description, paragraphs [0010]-[0024]	3-6, 8-10
A	CN 101982855 A (NINGBO INSTITUTE OF MATERIAL TECHNOLOGY AND ENGINEERING, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 02 March 2011 (2011-03-02) entire document	1-10
A	CN 103824668 A (DONGYANG DMEGC MAGNETIC LIMITED COMPANY) 28 May 2014 (2014-05-28) entire document	1-10
A	WO 2021223436 A1 (NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY & ENGINEERING CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 11 November 2021 (2021-11-11) entire document	1-10
A	WO 2021258280 A1 (NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECHNOLOGY & ENGINEERING CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 30 December 2021 (2021-12-30) entire document	1-10
A	JP 2020107888 A (HITACHI METALS LTD.) 09 July 2020 (2020-07-09) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/135691

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105225781	A	06 January 2016	CN	105225781	B	29 September 2017
CN	105845425	A	10 August 2016	None			
CN	108364739	A	03 August 2018	CN	108364739	B	31 March 2020
CN	106601407	A	26 April 2017	CN	106601407	B	07 June 2019
CN	101982855	A	02 March 2011	None			
CN	103824668	A	28 May 2014	CN	103824668	B	11 January 2017
WO	2021223436	A1	11 November 2021	CN	111446055	A	24 July 2020
WO	2021258280	A1	30 December 2021	CN	111696742	A	22 September 2020
				CN	111696742	B	24 June 2022
JP	2020107888	A	09 July 2020	None			

<p>A. 主题的分类</p> <p>H01F1/057(2006.01)i;H01F41/02(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>IPC: H01F</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CJFD, CNTXT, DWPI, ENTXT, ENTXTC, VEN, WPABS, WPABSC, STN, CNABS, USTXT, WOTXT, CNKI: 浙江东阳东磁稀土有限公司, 安小鑫, 郝忠彬, 刘小浪, 洪群峰, 镨, Pr, praseodymium, 钕, Nd, neodymium, 钆, Gd, gadolinium, 铈, Ce, cerium, 钇, Y, yttrium, 铝, Al, als, alt, aluminium, aluminum, 铜, Cu, copper, cuprum, 钴, Co, cobalt, 镓, Ga, gallium, 铌, Nb, niobium, 钛, Ti, titanium, titanic, 锆, Zr, zirconium, 铁, Fe, iron, ferro, ferrum, ferrumiron, determined, 烧结, sinter???, 回火, temper???, 氢破, Hydrogen breaking, 气流磨, Jet milling, 润滑剂, Lubricant</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 105225781 A (钢铁研究总院) 2016年1月6日 (2016 - 01 - 06) 说明书第[0119]-[0126]段</td> <td>1-2、7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105225781 A (钢铁研究总院) 2016年1月6日 (2016 - 01 - 06) 说明书第[0119]-[0126]段</td> <td>3-6、8-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 105845425 A (宁波宏垒磁业有限公司) 2016年8月10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第[0007]-[0020]、[0060]实施例25段</td> <td>1-2、7</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105845425 A (宁波宏垒磁业有限公司) 2016年8月10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第[0007]-[0020]、[0060]实施例25段</td> <td>3-6、8-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108364739 A (京磁材料科技股份有限公司) 2018年8月3日 (2018 - 08 - 03) 说明书第[0004]-[0015]段</td> <td>3-6、8-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 106601407 A (包头市神头稀土科技发展有限公司) 2017年4月26日 (2017 - 04 - 26) 说明书第[0010]-[0024]段</td> <td>3-6、8-10</td> </tr> </tbody> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件</p>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 105225781 A (钢铁研究总院) 2016年1月6日 (2016 - 01 - 06) 说明书第[0119]-[0126]段	1-2、7	Y	CN 105225781 A (钢铁研究总院) 2016年1月6日 (2016 - 01 - 06) 说明书第[0119]-[0126]段	3-6、8-10	X	CN 105845425 A (宁波宏垒磁业有限公司) 2016年8月10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第[0007]-[0020]、[0060]实施例25段	1-2、7	Y	CN 105845425 A (宁波宏垒磁业有限公司) 2016年8月10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第[0007]-[0020]、[0060]实施例25段	3-6、8-10	Y	CN 108364739 A (京磁材料科技股份有限公司) 2018年8月3日 (2018 - 08 - 03) 说明书第[0004]-[0015]段	3-6、8-10	Y	CN 106601407 A (包头市神头稀土科技发展有限公司) 2017年4月26日 (2017 - 04 - 26) 说明书第[0010]-[0024]段	3-6、8-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	CN 105225781 A (钢铁研究总院) 2016年1月6日 (2016 - 01 - 06) 说明书第[0119]-[0126]段	1-2、7																					
Y	CN 105225781 A (钢铁研究总院) 2016年1月6日 (2016 - 01 - 06) 说明书第[0119]-[0126]段	3-6、8-10																					
X	CN 105845425 A (宁波宏垒磁业有限公司) 2016年8月10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第[0007]-[0020]、[0060]实施例25段	1-2、7																					
Y	CN 105845425 A (宁波宏垒磁业有限公司) 2016年8月10日 (2016 - 08 - 10) 说明书第[0007]-[0020]、[0060]实施例25段	3-6、8-10																					
Y	CN 108364739 A (京磁材料科技股份有限公司) 2018年8月3日 (2018 - 08 - 03) 说明书第[0004]-[0015]段	3-6、8-10																					
Y	CN 106601407 A (包头市神头稀土科技发展有限公司) 2017年4月26日 (2017 - 04 - 26) 说明书第[0010]-[0024]段	3-6、8-10																					
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																						
2023年2月1日	2023年3月8日																						
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																						
中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	刘春涛 电话号码 (+86) 020-28950651																						

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 101982855 A (中国科学院宁波材料技术与工程研究所) 2011年3月2日 (2011 - 03 - 02) 全文	1-10
A	CN 103824668 A (浙江东阳东磁有限公司) 2014年5月28日 (2014 - 05 - 28) 全文	1-10
A	WO 2021223436 A1 (NINGBO INST MATERIALS TECH & ENG CAS) 2021年11月11日 (2021 - 11 - 11) 全文	1-10
A	WO 2021258280 A1 (NINGBO INSTITUTE OF MATERIALS TECH & ENGINEERING CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 2021年12月30日 (2021 - 12 - 30) 全文	1-10
A	JP 2020107888 A (HITACHI METALS LTD) 2020年7月9日 (2020 - 07 - 09) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/135691

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105225781	A	2016年1月6日	CN 105225781 B	2017年9月29日
CN	105845425	A	2016年8月10日	无	
CN	108364739	A	2018年8月3日	CN 108364739 B	2020年3月31日
CN	106601407	A	2017年4月26日	CN 106601407 B	2019年6月7日
CN	101982855	A	2011年3月2日	无	
CN	103824668	A	2014年5月28日	CN 103824668 B	2017年1月11日
WO	2021223436	A1	2021年11月11日	CN 111446055 A	2020年7月24日
WO	2021258280	A1	2021年12月30日	CN 111696742 A	2020年9月22日
				CN 111696742 B	2022年6月24日
JP	2020107888	A	2020年7月9日	无	