(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118251584 A
(43)申请公布日 2024.06.25

(21)申请号 202280072993.6
(22)申请日 2022.11.02
(30)优先权数据
PCT/JP2021/041569 2021.11.11 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.04.29
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/041013 2022.11.02
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/085187 JA 2023.05.19
(71)申请人 株式会社力森诺科
地址 日本
(72)发明人 上田翼 小川哲矢 近藤宏明 平良有纱
(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司 72002
专利代理师 白丽
(51)Int.Cl.
G01L 3/10(2006.01)
H01F 1/22(2006.01)
H01F 17/06(2006.01)
H01F 41/02(2006.01)

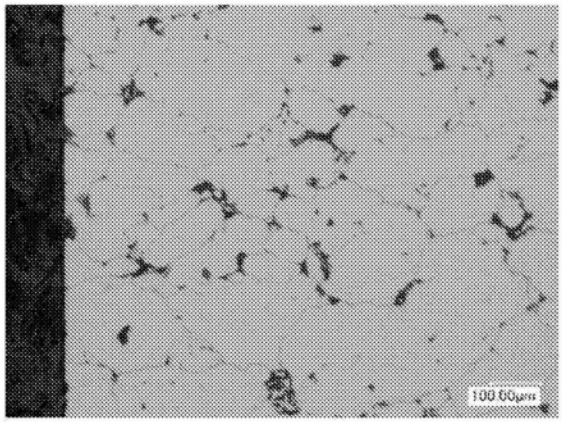
权利要求书1页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

磁性体及磁性体的制造方法

(57)摘要

本公开涉及一种磁性体,其包含压粉体,该压粉体包含表面的至少一部分具有绝缘被膜的铁基粉末和四氧化三铁,所述磁性体具有圆筒状的形状,且内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面,所述磁性体用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器。



CN 118251584 A

1.一种磁性体,其包含压粉体,该压粉体包含表面具有绝缘被膜的铁基粉末和四氧化三铁,

所述磁性体具有圆筒状的形状,且内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面,

所述磁性体用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器。

2.根据权利要求1所述的磁性体,其中,所述被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的面积为内径面的形成磁路的区域的面积的90%以上。

3.根据权利要求1或2所述的磁性体,其中,所述含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度为5μm以下。

4.根据权利要求1~3中任一项所述的磁性体,其中,所述形成磁路的区域的直径方向的厚度为3mm以下。

5.根据权利要求1~4中任一项所述的磁性体,其中,所述内径面的形成磁路的区域包含经成型的面。

6.根据权利要求1~5中任一项所述的磁性体,其中,所述传感器为磁致伸缩式扭矩传感器。

7.一种磁性体的制造方法,其包含:

将含有表面具有绝缘被膜的铁基粉末的原料粉末进行压缩成形来获得压粉体;以及

在水蒸气环境中对所述压粉体进行热处理,

其中,所述磁性体具有圆筒状的形状,且内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面,所述磁性体用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器。

8.根据权利要求7所述的磁性体的制造方法,其中,所述被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的面积为内径面的形成磁路的区域的面积的90%以上。

9.根据权利要求7或8所述的磁性体的制造方法,其中,所述含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度为5μm以下。

10.根据权利要求7~9中任一项所述的磁性体的制造方法,其中,所述形成磁路的区域的直径方向的厚度为3mm以下。

11.根据权利要求7~10中任一项所述的磁性体的制造方法,其中,所述内径面的形成磁路的区域包含经成型的面。

12.根据权利要求7~11中任一项所述的磁性体的制造方法,其中,所述传感器为磁致伸缩式扭矩传感器。

磁性体及磁性体的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及磁性体及磁性体的制造方法。

背景技术

[0002] 在工业用机械及汽车等机械电子学领域中,为了实现高精度的控制,位移及扭矩的测定是重要的。作为测定技术,已知利用了磁致伸缩效应的磁致伸缩式传感器,在磁致伸缩式传感器中组装有铁磁体。

[0003] 例如,专利文献1中公开了扭矩传感器1,扭矩传感器1的传感器部2具备线圈21和磁环22。扭矩传感器1的传感器部2安装在具有磁致伸缩特性的磁致伸缩式扭矩传感器用旋转轴101的周围。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特开2018-112451号公报

[0007] 专利文献2:日本特开2020-150135号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的技术问题

[0009] 一般来说,利用树脂铸模将传感器中使用的磁性体与缠绕有线圈的树脂绕线轴进行一体化。例如,使传感器在100kHz以上的高频带下进行工作时,期待磁性体是高复导磁率及低铁损的。因此,作为磁性体的材料,应用低铁损的压粉磁芯或铁氧体磁芯等。为了抑制磁性体的涡流损失,有效的是减小磁路截面积。为环状的磁性体时,可以考虑减小厚度,但很薄时,则在磁性体中易发生裂纹。

[0010] 为了提高磁性体的强度,例如可以考虑进行水蒸气处理,但如专利文献2的段落0030所示,当进行水蒸气处理时会在粒子表面形成导电率高的四氧化三铁,而形成包含四氧化三铁的氧化被膜时,在粒子表面的氧化被膜中会产生龟裂。结果,在100kHz以上的高频率用途中,因粒子内部的涡流造成的铁损失增高,可以说是无法使用的。

[0011] 本发明的目的在于提供一种磁性体,其即便在100kHz以上的工作频率下也具有良好的磁特性和高强度。本发明的另一个目的在于提供即便在100kHz以上的工作频率下也具有良好的磁特性和高强度的磁性体的制造方法。

[0012] 用于解决技术问题的手段

[0013] 根据本发明的实施方式,通过使水蒸气处理后的压粉体的内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面,可抑制压粉体整体的涡流损失,能够实现作为在100kHz以上的工作频率下使用的传感器用的磁性体。

[0014] 以下列举本发明实施方式的例子。本发明并不限定于以下的实施方式。

[0015] 一个实施方式涉及一种磁性体,其包含压粉体,该压粉体包含表面具有绝缘被膜的铁基粉末和四氧化三铁,所述磁性体具有圆筒状的形状,内径面的形成磁路的区域包含

被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面,所述磁性体用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器。

[0016] 另一个实施方式涉及一种磁性体的制造方法,其包含:对含有表面具有绝缘被膜的铁基粉末的原料粉末进行压缩成形来获得压粉体;以及在水蒸气环境中对上述压粉体进行热处理,所述磁性体具有圆筒状的形状,内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面,所述磁性体用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器。

[0017] 发明效果

[0018] 根据本发明,可以提供具有良好磁特性和高强度的磁性体。根据本发明,可以提供具有良好磁特性和高强度的磁性体的制造方法。

附图说明

[0019] 图1为表示磁性体之一例的示意图。

[0020] 图2为实施例中制造的磁性体的截面的光学显微镜照片。

具体实施方式

[0021] 以下说明本发明的优选实施方式。本发明并不限于下述实施方式。

[0022] 本说明书中使用“~”表示的数值范围将“~”前后记载的数值作为最小值及最大值分别包含在内。

[0023] 本说明书中阶段性记载的数值范围中,一个数值范围中记载的上限值或下限值还可以替换成其它阶段性记载的数值范围的上限值或下限值。另外,本说明书中记载的数值范围中,其数值范围的上限值或下限值还可以替换成实施例所示的值。

[0024] 本说明书中,各成分中可以包含多种相当于其的物质。组合物中存在多种相当于各成分的物质时,各成分的含有率或含量只要无特别限定,则是指组合物中存在的所述多种物质的总含有率或总含量。

[0025] 本说明书中“被膜”这一用语是指在观察所述被膜存在的区域时,除了形成在所述区域的整体中的情况之外,还包含仅形成在所述区域的一部分中的情况。

[0026] 本说明书中“工序”这一用语并非仅是独立的工序,在即便无法与其它工序明确地区分时,只要可以达成所希望的作用,则也包含该工序。

[0027] ＜磁性体的制造方法＞

[0028] 本发明实施方式的磁性体的制造方法包含:将含有表面具有绝缘被膜的铁基粉末的原料粉末进行压缩成形来获得压粉体;以及在水蒸气环境中对上述压粉体进行热处理。本发明实施方式的磁性体的制造方法是用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器中使用的磁性体(有时称作“传感器用磁性体”)的制造方法。传感器用磁性体的制造方法可以进一步包含任意的工序。

[0029] 在一些实施方式中,可以是:磁性体具有圆筒状的形状,内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面。在一些实施方式中,可以是:磁性体具有圆筒状的形状,形成磁路的区域的直径方向的厚度为3㎜以下。

[0030] [成形工序]

[0031] 传感器用磁性体的制造方法包含对含有表面具有绝缘被膜的铁基粉末的原料粉

末进行压缩成形来获得压粉体(有时称作“成形工序”)。

[0032] (原料粉末)

[0033] 原料粉末含有表面具有绝缘被膜的铁基粉末(有时仅称作“铁基粉末”)。表面具有绝缘被膜的铁基粉末包含含铁的金属粉末和将金属粉末表面的至少一部分被覆的绝缘被膜。绝缘被膜可以抑制涡流。原料粉末可以单独含有1种铁基粉末,也可以组合含有2种以上的铁基粉末。

[0034] 金属粉末例如可以含有选自铁的单质粉末及含铁的合金粉末中的至少1种。金属粉末可以是由选自铁的单质粉末及含铁的合金粉末中的至少1种构成的粉末。含铁的合金可以包含选自固溶体、共晶、及金属间化合物中的至少1种。合金例如可以是不锈钢(Fe-Cr系合金、Fe-Ni-Cr系合金等)。金属粉末还可以是无定形。金属粉末还可以包含多种金属元素。例如,金属粉末除了铁之外,还可以包含选自贱金属元素、贵金属元素、过渡金属元素、及稀土类元素中的至少1种元素。

[0035] 含铁的合金粉末例如可以是以铁为主成分的软磁性合金。金属粉末中的铁的含量例如以金属粉末的质量为基准计可以为50质量%以上、70质量%以上或90质量%以上。金属粉末具体地可以包含选自Fe-Si合金粉末、Fe-Si-Al系合金粉末、Fe-Ni系合金粉末、Fe-Cu-Ni系合金粉末、Fe-Co系合金粉末、Fe-Cr-Si系合金粉末、铁系无定形合金粉末等中的至少1种。从保持随后形成的内径面的氧化铁膜的观点出发,优选作为尺寸稳定性高的材料的纯铁。

[0036] 金属粉末所含各个金属粒子的形状并无特别限定。各个金属粒子例如为扁平、球状或针状。

[0037] 铁基粉末的平均粒径例如为60μm以上且250μm以下。金属粉末的平均粒径可以根据利用金属粉-干式筛分的粒度试验方法(ISO 4497:2020)进行测定。铁基粉末的平均粒径为60μm以上时,具有可确保磁性体的充分强度的倾向。平均粒径还可以为80μm以上或100μm以上。铁基粉末的平均粒径为250μm以下时,易于获得具有高密度且显示良好磁特性的磁性体。平均粒径还可以为220μm以下或200μm以下。铁基粉末的平均粒径例如可以为80～220μm或100～200μm。

[0038] 绝缘被膜可以包含选自无机化合物被膜及有机化合物被膜中的至少1种被膜。绝缘被膜可以是单层的被膜或者是包含多个层的被膜。无机化合物被膜含有选自磷酸铝、磷酸锌、磷酸铁、磷酸锰、磷酸钙等磷酸盐;硼酸锂、硼酸镁、硼酸钙等硼酸盐;硅酸铝、硅酸钾、硅酸钙等硅酸盐;碳酸锂、碳酸钠、碳酸铝、碳酸钙、碳酸钡等碳酸盐;以及氧化硅、氧化钨等氧化物中的至少1种。有机化合物被膜例如含有选自有机硅树脂、聚酰亚胺树脂、聚酰胺树脂、聚酰胺酰亚胺树脂、酚醛树脂、环氧树脂、以及脂肪酸中的至少1种。

[0039] 绝缘被膜从兼具良好的磁特性和高强度的观点出发,优选是含有磷酸盐的被膜。绝缘被膜可以形成在金属粉末所含各个金属粒子的表面的一部分上或者形成在整个表面上。即,铁基粉末在表面的至少一部分或者整个表面上具有绝缘被膜。

[0040] 原料粉末除了铁基粉末之外,还可以包含任意的粉末。作为任意的粉末,例如可举出没有绝缘被膜的软磁性粉末;以铬、铜等为主成分的金属粉末、合金粉末及金属氧化物;以及粉末润滑剂、干式二氧化硅微粒等流动度改善剂等添加剂。其中,为了谋求成形后的抽提压力降低,优选含有粉末润滑剂。

[0041] 作为粉末润滑剂,例如可举出硬脂酸锌、硬脂酸钙等金属皂;硬脂酰胺、硬脂酸双酰胺、乙撑双硬脂酰胺等酰胺系润滑剂等。由于脱脂性良好,因此作为粉末润滑剂优选使用分子量小的化合物。粉末润滑剂可以单独使用1种,还可以组合使用2种以上。

[0042] 原料粉末中的粉末润滑剂的含量从获得因使用而带来的充分效果的观点出发,以铁基粉末的质量为基准计优选为0.1质量%以上、更优选为0.2质量%以上、进一步优选为0.3质量%以上。粉末润滑剂的含量从获得充分磁特性的观点出发,以铁基粉末的质量作为基准计优选为3质量%以下、更优选为2质量%以下、进一步优选为1质量%以下、特别优选为0.5质量%以下。粉末润滑剂的含量例如可以为0.1~2质量%、0.2~1质量%或0.3~0.5质量%。

[0043] (压缩成形)

[0044] 利用压缩成形将原料粉末成形来获得压粉体。例如,原料粉末利用上下冲压机进行压缩。在成形时,还可以在金属模具上涂布金属模具润滑剂进行金属模具润滑成形。压粉体的形状例如可以为圆筒状,圆筒状的形状可以是中空的。

[0045] 成形压力从以高精度获得压粉体且获得良好磁特性等观点出发,例如为400MPa以上、500MPa以上或600MPa以上。成形压力从金属模具的耐久性等观点出发,例如为1,000MPa以下、900MPa以下或800MPa以下。成形压力例如可以为400~1,000MPa、500~900MPa或600~800MPa。

[0046] 在成形时,可以将金属模具加热或者将原料粉末和金属模具加热来进行温压成形。加热的温度例如为80~140℃。

[0047] (压粉体的密度)

[0048] 压粉体的密度从获得良好磁特性等观点出发,例如为6.5g/cm^3以上、6.8g/cm^3以上或7.2g/cm^3以上。压粉体的密度例如为7.8g/cm^3以下、7.6g/cm^3以下或7.4g/cm^3以下。压粉体的密度为7.2g/cm^3以上时,在水蒸气处理阶段,易于在水蒸气不会浸透至压粉体内部的情况下在表面形成氧化铁膜。可抑制作为压粉体整体的涡流损失。压粉体的密度可以根据除超硬合金用之外的金属粉末-单轴压缩性的测定方法(ISO 3927:2001)进行测定。压粉体的密度例如可以为6.5~7.8g/cm^3、6.8~7.6g/cm^3或7.2~7.4g/cm^3。

[0049] [水蒸气处理工序]

[0050] 传感器用磁性体的制造方法包含在水蒸气环境中对压粉体进行热处理(有时称作“水蒸气处理工序”)。

[0051] 通过在水蒸气环境中对压粉体进行热处理,在压粉体所含的铁基粉末的表面的至少一部分上生成四氧化三铁(Fe_3O_4)。四氧化三铁通常生成于暴露在水蒸气中的铁基粉末的表面上。通过铁基粉末所含的各个铁基粒子密合在一起,铁基粉末中还可以包含不暴露于水蒸气的表面。不暴露于水蒸气的铁基粉末的表面上通常不会生成四氧化三铁。

[0052] 热处理的温度例如为300~600℃。热处理的时间例如为5~60分钟。水蒸气环境中的热处理还可以是将压粉体暴露于高温的水蒸气。作为暴露于水蒸气的方法,可举出对压粉体喷射水蒸气的方法。水蒸气从压粉体的表面浸透至内部的气孔、在压粉体的表面及铁基粉末与气孔的界面部分生成四氧化三铁。水蒸气的温度例如为300~600℃。暴露于水蒸气的时间例如为5~60分钟。从使含四氧化三铁的氧化铁膜集中地生成在压粉体的表面上的观点出发,例如优选在500℃以上的高温下以30分钟以下的短时间进行处理。

[0053] 水蒸气环境中的热处理中可以使用加压式炉或常压式炉。具体地说,可举出能够维持高气压的坩埚式炉、网带炉等带式炉等。

[0054] 通过在水蒸气环境中对压粉体进行热处理而获得的磁性体具有高强度。认为因铁基粉末的氧化而生成的四氧化三铁提高了磁性体的强度。具有高强度的磁性体可以耐受住树脂铸模时的压力,可以防止在铸模时发生裂纹。

[0055] 通过在水蒸气环境中对压粉体进行热处理而获得的磁性体的磁性体表面被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖。含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度可以通过改变在水蒸气环境中对压粉体进行热处理时的环境气体、温度、时间等条件来调节。

[0056] [任意的工序]

[0057] 作为传感器用磁性体的制造方法可以具有的任意工序,可举出准备原料粉末;对压粉体进行热处理(热处理工序);将压粉体切削成所希望的形状(切削工序)等。

[0058] (热处理工序)

[0059] 热处理工序中,对压粉体施加热量,根据用途将所希望的性质赋予至压粉体。通过热处理,可以提高例如强度、硬度、耐冲击性等性质。这里的热处理不包含在水蒸气环境中对压粉体进行热处理。

[0060] 进行热处理的环境气体还可以是大气,但优选是压粉体难以氧化的气体环境。例如,可以选自氮气等非氧化性气体、分解氨气等还原性气体、渗碳性气体(例如碳势为0.1~1.2%范围内的氢、氮、一氧化碳的混合气体)等。热处理的温度例如为300~600℃。热处理的时间例如为5~60分钟。

[0061] 优选的实施方式中,磁性体的制造方法在成形工序与水蒸气处理工序之间包含热处理工序。磁性体的制造方法可以包含:将原料粉末压缩成形来获得压粉体;对压粉体进行热处理;以及在水蒸气环境中对压粉体进行热处理。

[0062] (切削工序)

[0063] 切削工序中,将压粉体切削加工成所希望的形状。例如,切削加工可以是车削加工、铣削加工或者它们两者。作为切削工具的材料,可举出金属陶瓷、陶瓷、超硬合金、高速度工具钢、金刚石烧结体、cBN烧结体等。切削工序中,例如优选对圆筒状压粉体的外周面或底面进行加工。

[0064] 如后所述,磁性体还可以在表面中包含经成型的面。为了获得在表面中包含经成型的面的磁性体,磁性体的制造方法可以不包含对压粉体进行切削或者可以包含仅对压粉体的表面的一部分进行切削。压粉体为圆筒状时,例如表面的一部分可以是圆筒状压粉体的外周面。

[0065] 如后所述,磁性体可以具有圆筒状的形状,内径面的形成磁路的区域可以包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面。为了获得内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的磁性体,磁性体的制造方法可以不包含对压粉体进行切削或者可以包含仅对压粉体的表面的一部分进行切削。压粉体为圆筒状时,例如表面的一部分可以是圆筒状的压粉体的外周面。

[0066] [磁性体]

[0067] 利用传感器用磁性体的制造方法获得的磁性体包含在水蒸气环境中进行过热处理的压粉体。磁性体被用在在100kHz以上的工作频率下使用的传感器中。还可以将后述的

本发明实施方式的传感器用磁性体的说明应用于利用传感器用磁性体的制造方法获得的磁性体。

[0068] ＜传感器用磁性体＞

[0069] 本发明实施方式的磁性体包含含表面具有绝缘被膜的铁基粉末和四氧化三铁(Fe_3O_4)的压粉体。传感器用磁性体可以进一步含有任意的成分。与上述的铁基粉末、压粉体、磁性体等有关的说明也可应用于该实施方式的磁性体中。

[0070] 压粉体包含四氧化三铁例如可以使用X射线光电分光法(XPS)进行确认。利用X射线光电分光法(XPS)进行分析而获得的光谱中,若在键能711eV与708eV之间产生峰,则可以说压粉体包含四氧化三铁。

[0071] 本发明实施方式的磁性体是用于在在100kHz以上的工作频率下进行使用的传感器中的磁性体。工作频率还可以为200kHz以上。工作频率的上限并无特别限定,例如为1MHz以下。传感器可以是磁致伸缩式扭矩传感器。

[0072] 磁性体的形状例如可以为圆筒状,圆筒状的形状可以是中空的。图1为表示磁性体之一例的示意图。(a)为正面示意图,(b)为(a)所示磁性体的A-A截面的截面示意图。图(b)中,t表示形成磁路的区域的直径方向的厚度。图1所示的磁性体配置在缠绕有线圈的树脂绕线轴的外侧,在与树脂绕线轴一起安装于扭矩传感器用旋转轴周围的状态下进行使用。

[0073] 磁性体的形成磁路的区域的直径方向的厚度例如为8mm以下或5mm以下。形成磁路的区域的直径方向的厚度越薄,则越有可抑制涡流损耗的倾向。从获得良好磁特性的观点出发,形成磁路的区域的直径方向的厚度优选为3mm以下。从强度的观点出发,形成磁路的区域的直径方向的厚度例如为1mm以上。

[0074] 磁性体可以表面的至少一部分是经成型的面。优选磁性体的内径面的形成磁路的区域包含经成型的面。本说明书中,形成磁路的区域在将磁性体组装到传感器中进行使用时,可以是由负荷扭矩的磁致伸缩材料(例如旋转轴)和磁性体形成磁路的区域。本说明书中,内径面的形成磁路的区域是指相当于在磁性体的内径面中形成磁路的区域的部分。

[0075] 经成型的面是指进行压缩成形从金属模具挤出后未实施切削加工等加工的面。当内径面的形成磁路的区域是经成型的面时,则具有可抑制涡流损耗的倾向。

[0076] 在进行水蒸气处理之前的压粉体中,通过压粉体的表面中是否存在绝缘被膜,可以确认压粉体是否具有经成型的面。是否存在绝缘被膜例如可以通过测量压粉体表面的比电阻来进行判断。经成型的面的比电阻大,实施了切削加工等加工的面的比电阻具有与铁基粉末变为同等程度的倾向。将压粉体进行了水蒸气处理后而获得的磁性体中,通过磁性体的表面是否存在四氧化三铁,可以确认磁性体是否具有经成型的面。四氧化三铁是否存在例如可以通过进行目视观察来判断。四氧化三铁存在时,则磁性体的表面呈现深灰色或黑色。

[0077] 磁性体可以具有圆筒状的形状,内径面的形成磁路的区域可以包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面。磁性体在内径面的形成磁路的区域具有含四氧化三铁的氧化铁膜时,具有可以抑制涡流损耗的倾向。被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的面积相对于内径面的形成磁路的区域的面积的比例最优选为100％,根据用途例如还可以为90％以上或95％以上。被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的面积相对于内径面的形成磁路的区域的面积的比例例如可以由未实施切削加工等的面的面积和实施了切削加工等的面的面积来

算出。

[0078] 含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度例如为1μm以下。含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度可以拍摄SEM照片并适当放大进行测定。含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度为2μm以下时，具有可以抑制涡流损耗的倾向。厚度还可以为3μm以下或5μm以下。含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度为0.1μm以上时，具有高密度，易于获得良好的磁特性。含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度例如可以为0.1～5μm、0.1～3μm或0.1～1μm。

[0079] 在水蒸气环境中对压粉体进行热处理时，会在铁基粉末的表面形成导电率高的四氧化三铁，并且有时会在铁基粉末的表面的绝缘被膜中产生龟裂，因此以往认为，在100kHz以上的高工作频率下使用所得磁性体时，因涡流导致的铁损提高。根据本发明的一些实施方式，通过磁性体的内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面，可以抑制涡流，能够在100kHz以上的高工作频率下使用磁性体。

[0080] 传感器用磁性体例如可以通过上述实施方式的传感器用磁性体的制造方法来制造。

[0081] ＜实施方式的例子＞

[0082] 以下举出本发明实施方式的优选例子。本发明的实施方式并不限于以下的例子。

[0083] (1)一种磁性体，其包含压粉体，该压粉体包含表面具有绝缘被膜的铁基粉末和四氧化三铁，所述磁性体用于在100kHz以上的工作频率下使用的传感器。

[0084] (2)根据上述(1)所述的磁性体，其具有圆筒状的形状，且内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面。

[0085] (3)根据上述(2)所述的磁性体，其中，上述被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的面积为内径面的形成磁路的区域的面积的90％以上。

[0086] (4)根据上述(2)或(3)所述的磁性体，其中，上述含四氧化三铁的氧化铁膜的厚度为5μm以下。

[0087] (5)根据上述(1)～(4)中任一项所述的磁性体，其具有圆筒状的形状，且形成磁路的区域的直径方向的厚度为3mm以下。

[0088] (6)根据上述(1)～(5)中任一项所述的磁性体，其具有圆筒状的形状，且内径面的形成磁路的区域包含经成型的面。

[0089] (7)根据上述(1)～(6)中任一项所述的磁性体，其中，上述传感器为磁致伸缩式扭矩传感器。

[0090] (8)一种磁性体的制造方法，其为在100kHz以上的工作频率下使用的传感器用的磁性体的制造方法，其包含：

[0091] 将含有表面具有绝缘被膜的铁基粉末的原料粉末进行压缩成形来获得压粉体；以及

[0092] 在水蒸气环境中对上述压粉体进行热处理。

[0093] (9)根据上述(8)所述的磁性体的制造方法，其中，上述磁性体具有圆筒状的形状，且内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面。

[0094] (10)根据上述(9)所述的磁性体的制造方法，其中，上述被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面的面积为内径面的形成磁路的区域的面积的90％以上。

[0095] (11)根据上述(9)或(10)所述的磁性体的制造方法，其中，上述含四氧化三铁的氧

化铁膜的厚度为5μm以下。

[0096] (12)根据上述(8)～(11)中任一项所述的磁性体的制造方法,其中,上述磁性体具有圆筒状的形状,且形成磁路的区域的直径方向的厚度为3mm以下。

[0097] (13)根据上述(8)～(12)中任一项所述的磁性体的制造方法,其中,上述磁性体具有圆筒状的形状,且内径面的形成磁路的区域包含经成型的面。

[0098] (14)根据上述(8)～(13)中任一项所述的磁性体的制造方法,其中,上述传感器为磁致伸缩式扭矩传感器。

[0099] 本申请公开与2021年11月11日申请的PCT/JP2021/041569号记载的主题相关,通过参照将其全部公开内容引用至此。

[0100] 实施例

[0101] 通过以下的实施例及比较例详细地说明本发明的实施方式。本发明不受以下实施例所限定。

[0102] [实施例1:强度的评价]

[0103] 准备含有表面作为绝缘被膜具有磷酸盐被膜的纯铁粉末和粉末润滑剂(“Lube 3P”)的压粉磁芯材料(Hoganas AB公司制“Somaloy 7003P”、粉末润滑剂的含量:相对于具有磷酸盐被膜的纯铁粉末约为0.3～0.4质量%)。具有磷酸盐被膜的纯铁粉(球状)的平均粒径为150μm。平均粒径根据利用金属粉-干式筛分的粒度试验方法(ISO 4497:2020)进行测定。

[0104] 使用油压压制机将压粉磁芯材料压缩成形来获得长方体状的压粉体。成形压力为686MPa、压粉体的密度为7.4g/cm^3。长方体状的压粉体的短边为12mm、长边为34mm、厚度为5mm。使用带式炉,将压粉体在氮气环境中、500℃下加热30分钟,从而获得作为磁性体的试样序号01的压粉磁芯。另外,使用带式炉将压粉体在氮气环境中、500℃下加热30分钟后,在水蒸气环境中、530℃下加热20分钟,从而获得试样序号02的压粉磁芯。利用XPS评价压粉磁芯的表面,确认了试样序号01的压粉磁芯不含四氧化三铁、而试样序号02的压粉磁芯包含四氧化三铁。具体地说,使用XPS装置测定与作为压粉磁芯表面所含主要元素的铁有关的峰,进行去卷积后,确认有无四氧化三铁的峰。此外,压粉体的密度根据除超硬合金用之外的金属粉末-单轴压缩性的测定方法(ISO 3927:2001)进行测定。

[0105] 在与长方体状压粉磁芯的长边与短边水平的截面中,支撑长边方向的两端,对中央施加负荷。增加负荷,测定压粉磁芯被破坏时的负荷。压粉磁芯被破坏时的负荷意味着抗折强度(单位:MPa)。抗折强度的测定在室温(25℃)的大气中进行。将抗折强度示于下述表1中。

[0106] [表1]

[0107]

试样序号	热处理氮气环境	水蒸气处理	四氧化三铁	抗折强度[MPa]
01	有	无	不含	40
02	有	有	包含	191

[0108] 表1显示出压粉磁芯的强度因包含四氧化三铁而提高。

[0109] [实施例2:磁特性的评价]

[0110] 准备与实施例1中使用的压粉磁芯材料相同的压粉磁芯材料。使用油压压制机将压粉磁芯材料压缩成形,获得试样序号03～07的圆筒状的压粉体。成形压力为686MPa、压粉体的密度为7.4g/cm^3。圆筒状压粉体的内径为20mm、全长为5mm。环状压粉体的直径方向的厚度如下:试样序号03的压粉体为5mm、试样序号04的压粉体为4mm、试样序号05的压粉体为3mm、试样序号06的压粉体为2mm、试样序号07的压粉体为1mm。使用带式炉,将试样序号03～07的压粉体在氮气环境中、500℃下加热30分钟,然后在水蒸气中、530℃下加热20分钟,从而获得试样序号03～07的圆筒状的压粉磁芯。利用XPS评价试样序号03～07的压粉磁芯的表面,确认了所有压粉磁芯包含四氧化三铁。另外,试样序号03～07的压粉磁芯的表面是经成型的面。

[0111] 在圆筒状的压粉磁芯的角向方向上缠绕12圈的1次线圈及2次线圈。使用交流磁化特性测定装置,测定频率200kHz、激发磁通密度0.01T下的复导磁率。作为交流磁化特性测定装置,使用岩崎通信机株式会社制“SY-8258”。将测定的结果示于下述表2中。另外,图2中示出试样序号06的压粉磁芯的截面的光学显微镜照片(倍率为300倍)。照片中,黑线位置为绝缘被膜、黑色区域位置为气孔、深灰色位置为四氧化三铁、浅灰色位置为铁基粉末。

[0112] [表2]

[0113]

试样序号	厚度[mm]	复导磁率
03	5	25
04	4	28
05	3	33
06	2	41
07	1	58

[0114] 表2显示出随着圆筒状压粉磁芯的直径方向的厚度的减少、磁特性提高。

[0115] [实施例3]

[0116] 准备与实施例1中使用的压粉磁芯材料相同的压粉磁芯材料。使用油压压制机将压粉磁芯材料压缩成形,获得试样序号08及09的圆筒状的压粉体。成形压力为686MPa、压粉体的密度为7.4g/cm^3。试样序号08的压粉体的外径为24mm、内径为19mm、全长为5mm。试样序号09的压粉体的外径为24mm、内径为20mm、全长为5mm。使用带式炉,将试样序号08及09的压粉体在氮气环境中、500℃下加热30分钟,然后在水蒸气中、530℃下加热20分钟,从而获得试样序号08的热处理体及试样序号09的压粉磁芯。利用使用了车床的切削加工将试样序号08的热处理体切削成外径为24mm、内径为20mm、全长为5mm的圆筒状的形状,获得试样序号08的压粉磁芯。利用XPS评价试样序号08及09的压粉磁芯的表面,确认了压粉磁芯包含四氧化三铁。

[0117] 在圆筒状的压粉磁芯的角向方向上缠绕12圈的1次线圈及2次线圈。使用交流磁化特性测定装置,测定频率200kHz、激发磁通密度0.01T下的复导磁率。作为交流磁化特性测定装置,使用岩崎通信机株式会社制“SY-8258”。将测定的结果示于下述表3中。

[0118] 表3显示出在压粉磁芯中、通过内径面的形成磁路的区域为经成型的面而磁特性提高。表3显示出在压粉磁芯中、通过内径面的形成磁路的区域包含被含四氧化三铁的氧化铁膜覆盖的面而磁特性提高。

[0119] [表3]

[0120]

试样序号	厚度 [mm]	加工	内径面的形成磁路的区域	复导磁率
08	2	有	加工面	20
09	2	无	成型面	41

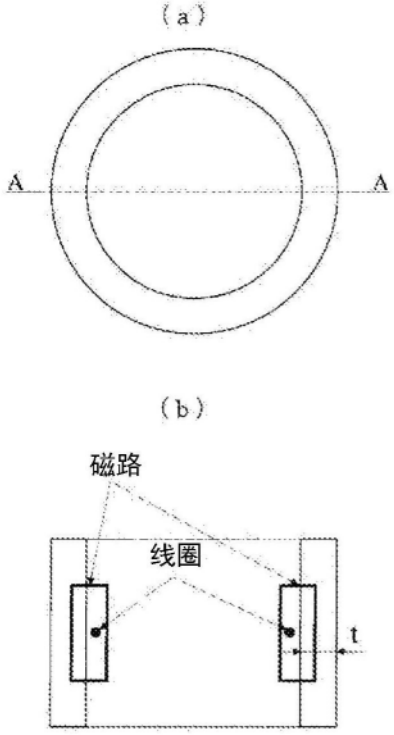


图1

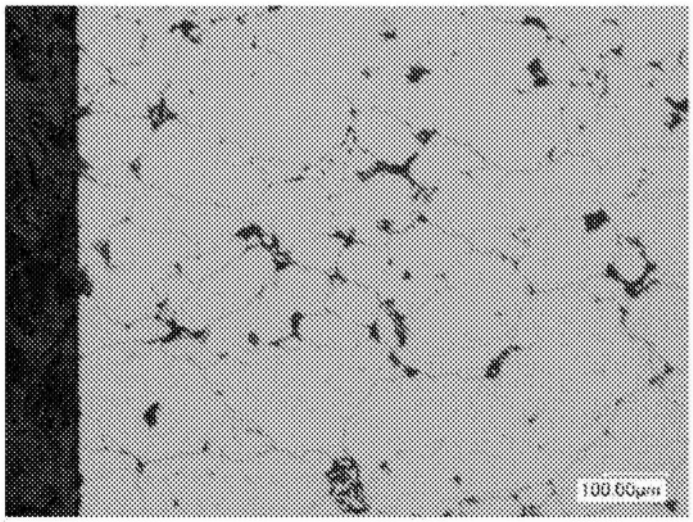


图2