(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118489144 A
(43)申请公布日 2024.08.13

(21)申请号 202280086276.9
(22)申请日 2022.08.31
(30)优先权数据
2021-215022 2021.12.28 JP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.06.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/032860 2022.08.31
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/127199 JA 2023.07.06
(71)申请人 TDK株式会社
地址 日本
(72)发明人 荒健辅 天野一 吉留和宏 塚原拓也
(74)专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司 11322
专利代理师 杨琦 尹明花
(51)Int.Cl.
H01F 1/153(2006.01)
B22F 1/00(2022.01)
C22C 38/00(2006.01)
C22C 38/10(2006.01)
C22C 38/16(2006.01)
C22C 38/12(2006.01)
C22C 38/02(2006.01)
C22C 38/04(2006.01)
C22C 38/08(2006.01)
C22C 38/14(2006.01)
C22C 38/32(2006.01)
C22C 38/30(2006.01)
C22C 38/06(2006.01)
C22C 38/26(2006.01)
C22C 38/28(2006.01)

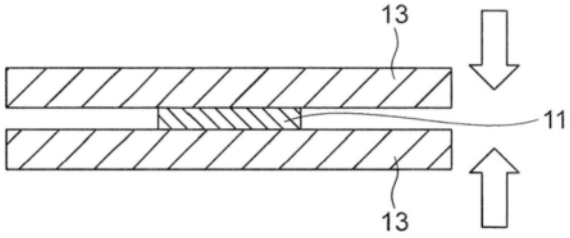
权利要求书1页 说明书26页 附图5页

(54)发明名称

软磁性合金及磁性部件

(57)摘要

[解决手段]一种软磁性合金,其含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上。M为选自Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta及W中的一种以上。X为选自Si、B、C及P中的一种以上。Fe的含有比例和M及X的合计含有比例均在特定的范围内的部分的体积比例、和Co的含有比例和M及X的合计含有比例均在特定的范围内的部分的体积比例具有特定的关系。



CN 118489144 A

1.一种软磁性合金,其中,

含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上,

M为选自Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta及W中的一种以上,

X为选自Si、B、C及P中的一种以上,

以原子数基准计,将所述软磁性合金中的Fe的含有比例设为Ave(Fe),将所述软磁性合金中的Co的含有比例设为Ave(Co),将所述软磁性合金中的M及X的合计含有比例设为Ave(M+X),

将Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Fe4),且

将Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Co4)时,

R(Co4)/R(Fe4)≤0.90。

2.一种软磁性合金,其中,

含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上,

M为选自Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta及W中的一种以上,

X为选自Si、B、C及P中的一种以上,

以原子数基准计,将所述软磁性合金中的Fe的含有比例设为Ave(Fe),将所述软磁性合金中的Co的含有比例设为Ave(Co),将所述软磁性合金中的M及X的合计含有比例设为Ave(M+X),

将Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的部分的体积比例设为R(Fe1),

将Fe的含有比例低于Ave(Fe)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Fe3),

将Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的部分的体积比例设为R(Co1),且

将Co的含有比例低于Ave(Co)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Co3)时,

{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≥1.53。

3.根据权利要求1或2所述的软磁性合金,其中,

所述软磁性合金为薄带形状。

4.根据权利要求1或2所述的软磁性合金,其中,

所述软磁性合金为粉末形状。

5.一种磁性部件,其由权利要求1～4中任一项所述的软磁性合金构成。

软磁性合金及磁性部件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种软磁性合金及磁性部件。

背景技术

[0002] 近年来,在电子/信息/通信设备等中要求低功耗及高效化。而且,面向低碳化社会,上述的要求更加强烈。因此,在电子/信息/通信设备等的电源电路中,也要求能量损耗的减小、电源效率的提高。而且,在电源电路所使用的瓷器元件的磁芯中,要求饱和磁通密度的提高及铁芯损耗(磁芯损耗)的减小。如果减小铁芯损耗,则电力能量的损耗变小,能够实现高效化及节能化。

[0003] 在专利文献1中记载有以下内容:在包含Fe、B、P及Cu的纳米结晶合金中,通过将能够由原子探针测定的各种参数(例如,Cu簇的密度、结晶区附近的Fe浓度的梯度)设在特定的范围内,纳米结晶合金的软磁特性提高。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:国际公开第2021/132254号

发明内容

[0007] 发明所要解决的问题

[0008] 本发明的目的在于提供矫顽力Hc低而饱和磁通密度Bs高的软磁性合金。

[0009] 用于解决问题的技术方案

[0010] 为了实现上述的目的,本发明的第一观点提供一种软磁性合金,其中,含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上,

[0011] M为选自Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta及W中的一种以上,X为选自Si、B、C及P中的一种以上,

[0012] 以原子数基准计,将所述软磁性合金中的Fe的含有比例设为Ave(Fe),将所述软磁性合金中的Co的含有比例设为Ave(Co),将所述软磁性合金中的M及X的合计含有比例设为Ave(M+X),

[0013] 将Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Fe4),且

[0014] 将Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Co4)时,

[0015] R(Co4)/R(Fe4)≤0.90。

[0016] 为了实现上述的目的,本发明的第二观点提供一种软磁性合金,其中,含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上,

[0017] M为选自Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta及W中的一种以上,X为选自Si、B、C及P中的一种以上,

[0018] 以原子数基准计,将所述软磁性合金中的Fe的含有比例设为Ave(Fe),将所述软磁性合金中的Co的含有比例设为Ave(Co),将所述软磁性合金中的M及X的合计含有比例设为Ave(M+X),

[0019] 将Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的部分的体积比例设为R(Fe1),

[0020] 将Fe的含有比例低于Ave(Fe)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Fe3),

[0021] 将Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的部分的体积比例设为R(Co1),且

[0022] 将Co的含有比例低于Ave(Co)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Co3)时,

[0023] {R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≥1.53。

[0024] 以下的内容在第一观点和第二观点上是共同的。

[0025] 所述软磁性合金也可以为薄带形状。

[0026] 所述软磁性合金也可以为粉末形状。

[0027] 本发明的磁性部件由上述的软磁性合金构成。

附图说明

[0028] 图1是利用3DAP观察Fe的分布的结果。

[0029] 图2是利用3DAP观察Co的分布的结果。

[0030] 图3是标绘各网格中的Fe的含有比例及M及X的合计含有比例的图表。

[0031] 图4是标绘各网格中的Co的含有比例及M及X的合计含有比例的图表。

[0032] 图5是单辊法的示意图。

[0033] 图6是热压处理的示意图。

具体实施方式

[0034] (第一实施方式)

[0035] 以下,对本发明的第一实施方式进行说明。

[0036] 本实施方式的软磁性合金是含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上的软磁性合金。

[0037] M为选自Ti、V、Cr、Zr、Nb、Mo、Hf、Ta及W中的一种以上。M也可以为选自Zr、Nb及Ta中的一种以上。X为选自Si、B、C及P中的一种以上。

[0038] 软磁性合金还可以包含选自A及D中的一种以上。A为选自Al、Ga、Ag、Zn、S、Ca、Mg、V、Sn、As、Sb、Bi、N、O、Au、Cu及稀土元素中的一种以上。稀土元素为Sc、Y及镧系元素。A也可以是Cu。D为选自Ni及Mn中的一种以上。

[0039] 软磁性合金也可以主要包含Fe及Co。具体而言,软磁性合金中的Fe及Co的合计含有比例也可以为60at%以上。

[0040] 以原子数基准计,将软磁性合金中的Fe的含有比例设为Ave(Fe),将软磁性合金中的Co的含有比例设为Ave(Co),将软磁性合金中的M及X的合计含有比例设为Ave(M+X)。而

且,将Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Fe4),将Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的体积比例设为R(Co4)。

[0041] 软磁性合金满足R(Co4)/R(Fe4)≤0.90。

[0042] 以下,对R(Co4)/R(Fe4)的测定方法进行说明。

[0043] 如果使用三维原子探针(以下,有时标记为3DAP)在距软磁性合金的表面的深度为100nm的部分观察软磁性合金的Fe的分布,则如图1所示,能够观察到存在Fe的含量多的部分和少的部分。

[0044] 如果使用3DAP在距软磁性合金的表面的深度为100nm的部分观察软磁性合金的Co的分布,则如图2所示,能够观察到存在Co的含量多的部分和少的部分。

[0045] 将测定R(Co4)/R(Fe4)的软磁性合金加工成针状,进行3DAP分析,在获得的针状数据组之中设定观察范围。对于观察范围的大小没有特别限制,优选设为3200nm^2以上,更优选设为10000nm^3以上。对于观察范围的形状没有特别限制。例如也可以设为10nm×10nm×200nm的长方体。

[0046] 将所设定的观察范围分割成2nm×2nm×2nm的立方体的网格。将网格数设为至少400个以上。例如,如果观察范围的形状为10nm×10nm×200nm的长方体,则将所设定的观察范围分割为2500个网格。

[0047] 而且,测定各网格中的各元素的含有比例。而且,确定各网格是否是Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分。同时,确定各网格是否是Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分。

[0048] 上述的软磁性合金中的Ave(Fe)、Ave(Co)及Ave(M+X)为对全部网格的组成进行平均而获得的组成。

[0049] 此外,Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分同时也可以是Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分。

[0050] 而且,Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的网格的个数除以Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的网格的个数所得的值成为R(Co4)/R(Fe4)。

[0051] 有时将属于总体的各要素的值换算成平均为0、标准偏差为1而获得的值称为z值。

[0052] 将各网格中的Fe的含有比例换算成平均为0、标准偏差为1而获得的z值设为z(Fe)。将各网格中的Co的含有比例换算成平均为0、标准偏差为1而获得的z值设为z(Co)。将各网格中的M及X的合计含有比例换算成平均为0、标准偏差为1而获得的z值设为z(M+X)。

[0053] 图3是将横轴设为z(Fe)轴且将纵轴设为z(M+X)轴而标绘各网格中的Fe的含有比例、和M及X的合计含有比例的图表。图4是将横轴设为z(Co)轴且将纵轴设为z(M+X)轴而标绘各网格中的Co的含有比例、和M及X的合计含有比例的图表。图3的全部点的数量和图4的全部点的数量一致。

[0054] 相对于图3的全部点的数量,第四象限的部分和z(Fe)=0及z(M+X)<0的部分中的任一部分所含的点的数量的合计比例为R(Fe4)。相对于图4的全部点的数量,图4的第四象限的部分和z(Co)=0及z(M+X)<0的部分中的任一部分所含的点的数量的合计比例为R(Co4)。

[0055] M及X是作为非晶化组分已知的组分。可以说:R(Fe4)越大,则“Fe”和“M及X”分离的部分越大。可以说:R(Co4)越大,则“Co”和“M及X”分离的部分越大。

[0056] 即,R(Co4)/R(Fe4)越小,则:与Co相比,Fe和非晶化组分的分离度越高。本发明人等发现,通过“与Co相比,Fe和非晶化组分的分离度更高”,从而磁致伸缩变小,Hc减小,并且Bs变高。

[0057] 对于R(Co4)/R(Fe4)的下限没有特别的限定,例如,也可以是R(Co4)/R(Fe4)≥0.50。从磁特性的观点来看,优选R(Co4)/R(Fe4)≥0.60的情况,更优选R(Co4)/R(Fe4)≥0.70的情况。

[0058] R(Fe4)及R(Co4)是任意的。例如,可以是0.30≤R(Fe4)≤0.60,也可以是0.20≤R(Co4)≤0.50。

[0059] 此外,也可以是{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≥1.53。在R(Co4)/R(Fe4)≤0.90但{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}<1.53的情况下,Hc容易变高。对于{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}的测定方法,将在第二实施方式中进行说明。

[0060] 对于本实施方式的软磁性合金的组成而言,除了含有Fe、Co、以及选自M及X中的一种以上这一点以外没有特别限制。也可以含有或不含有选自A及D中的一种以上。

[0061] 例如,对于本实施方式的软磁性合金而言,以原子数比计,可以由组成式$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$表示,也可以是:

[0062] $0\leq m\leq 0.120$

[0063] $0\leq x\leq 0.210$

[0064] $0<m+x\leq 0.330$

[0065] $0\leq d\leq 0.050$

[0066] $0.050\leq\alpha\leq 0.500$

[0067] $0\leq\beta\leq 0.050$。

[0068] 对于确定软磁性合金的组成(即,确定上述的A、M、X、D的种类以及上述的m、x、d、α、β的值)的方法没有特别的限制。能够通过例如荧光X射线光谱分析法(XRF)、电感耦合等离子体发射光谱法(ICP—AES)、能量分散型X射线光谱法(EDS)、电子能量损失光谱法(EELS)等确定。

[0069] 在软磁性合金的组成在上述的范围内的情况下,容易使软磁性合金的Hc进一步降低。

[0070] 上述以外的元素即除了Fe、Co、M、X、A及D以外的元素的含量也可以是0.1质量%以下。

[0071] M的含量(m)可以是$0\leq m\leq 0.110$,也可以是$0.020\leq m\leq 0.110$。

[0072] X的含量(x)也可以是$0.030\leq x\leq 0.210$。另外,x也可以是0.200以下。

[0073] D的含量(d)可以是$0\leq d\leq 0.030$,也可以是$0.005\leq d\leq 0.030$,也可以是$0.010\leq d\leq 0.030$。特别是在$0.005\leq d\leq 0.030$的情况下,Fe和非晶化组分的分离度进一步提高,Hc容易进一步降低。另外,在软磁性合金中容易析出结晶,Bs容易进一步变高。

[0074] 相对于Fe、Co及A的合计含量,Co的含量(α)也可以是$0.050\leq\alpha\leq 0.350$。

[0075] 相对于Fe、Co及A的合计含量,A的含量(β)也可以是$0\leq\beta\leq 0.020$。

[0076] 以下,对本实施方式的软磁性合金的制造方法进行说明。

[0077] 本实施方式的软磁性合金的制造方法是任意的,例如,可举出通过单辊法制造软磁性合金的薄带的方法。

[0078] 在单辊法中,首先,准备最终获得的软磁性合金中所含的各金属元素的纯金属等各种原料,以成为与最终获得的软磁性合金相同的组成的方式进行称量。而且,熔解各金属元素的纯金属,进行混合,制作母合金。此外,所述纯金属的熔解方法是任意的,例如有在腔室内抽真空后通过高频加热使其熔解的方法。此外,母合金和最终获得的软磁性合金通常成为相同组成。

[0079] 接着,加热所制作的母合金使其熔融,获得熔融金属(熔液)。对于熔融金属的温度没有特别限制,例如,能够设为1200~1500℃。

[0080] 在图5中表示在单辊法中使用的装置的示意图。在本实施方式的单辊法中,在腔室5内部,通过从喷嘴1向沿箭头的方向旋转的辊3喷射供给熔融金属2,向辊3的旋转方向制造薄带4。此外,在本实施方式中,对于辊3的材质没有特别限制。例如,使用由Cu构成的辊。

[0081] 在单辊法中,主要通过调整辊3的旋转速度而能够调整所获得的薄带的厚度,但通过调整例如喷嘴1和辊3的间隔或熔融金属的温度等也能够调整所获得的薄带的厚度。对于薄带的厚度没有特别限制,例如能够设为15~30μm。

[0082] 在此,本发明人等发现,通过适当地控制辊3的温度及腔室5内部的蒸汽压力,容易实现后述的热压处理后获得的软磁性合金中的各元素的含有比例的适当的分布。而且,本发明人等发现,后述的热压处理后获得的软磁性合金的Bs容易提高,且Hc容易降低。

[0083] 对于辊3的温度,也可以设为30~70℃。优选设为30~50℃。

[0084] 腔室5内部的气氛是任意的。例如,也可以在真空中或大气中进行。另外,也可以在通过露点调整来控制蒸汽压力的氩气氛中进行。蒸汽压力是任意的。

[0085] 通过对获得的薄带4进行热处理,容易实现进行后述的热压处理后获得的软磁性合金中的各元素的含有比例的适当的分布。

[0086] 热处理条件会根据软磁性合金的组成而变化,热处理温度可以是400℃以上550℃以下,也可以是425℃以上525℃以下。从容易满足{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≥1.53的观点来看,也可以是475℃以上525℃以下。热处理时间也可以是0.05小时以上5小时以下。优选为1.0小时以上1.5小时以下。热处理时的气氛是任意的。例如,也可以设为接近真空的气氛。

[0087] 通过对热处理后的软磁性合金进行热压处理,能够实现软磁性合金中的各元素的含有比例的适当的分布。

[0088] 在图6中表示热压处理的概略图。在热压处理中,预先加热加压板13。然后,使用加压板13向箭头的方向对热处理后的软磁性合金11加压并保持。通过适当地控制加压板13的温度(以下,有时称为加压温度)、热压时的压力(以下,有时称为加压压力)、及以热压时的压力保持的时间(以下,有时称为加压时间),能够使软磁性合金11中的各元素的含有比例的分布适当。

[0089] 对于实施热压处理的软磁性合金11的形状没有特别限制。可以直接对薄带形状的软磁性合金进行热压处理,也可以根据热压处理装置的种类对薄带形状的软磁性合金进行加工。

[0090] 在图6中,使用两片加压板13从两侧对软磁性合金11进行加压,但也可以是仅从一

侧进行加压。另外,优选将两片加压板13两者都加热,但也可以是仅对一片加压板13进行加热。另外,两片加压板13的温度可以相同,也可以不同。

[0091] 对于加压温度没有特别限制,也可以是350～425℃。对于加压压力没有特别限制,也可以是0.2～1.0MPa。对于加压时间没有特别限制,也可以是1～60分钟。但是,在加压温度低(例如比350℃低)的情况、加压压力低(例如比0.2MPa低)的情况、和/或加压时间短(例如比1分钟短)的情况下,未充分发生物质传移,难以控制各元素的含有比例的分布。另外,在加压温度高(例如比425℃高)的情况下,容易生成粗大晶粒,Hc容易上升。另外,在加压压力高(例如比1.0MPa高)的情况下,即使是在热压后,也容易在软磁性合金内部残留残余应力,Hc容易上升。

[0092] 另外,作为获得本实施方式的软磁性合金的方法,除了上述的单辊法以外,例如有通过水雾化法或气体雾化法获得本实施方式的软磁性合金的粉体的方法。以下,对气体雾化法进行说明。

[0093] 在气体雾化法中,与上述的单辊法同样地获得1200～1500℃的熔融合金。之后,在腔室内喷射上述熔融合金,制作粉体。

[0094] 气体加热温度也可以设为4～100℃。优选设为4～30℃。

[0095] 腔室5内部的气氛是任意的。例如,也可以在真空中或大气中进行。另外,也可以在通过露点调整来控制蒸汽压力的氩气氛中进行。蒸汽压力是任意的。

[0096] 在通过气体雾化法制作粉体之后,与按照单辊法进行的情况同样,通过进行热处理,容易减小软磁性合金的R(Co4)/R(Fe4),容易增大{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}。此外,获得粉末的方法不限于雾化法。例如,也可以将通过单辊法获得的软磁性合金粉碎而获得粉末。

[0097] 热处理条件会根据软磁性合金的组成而变化,热处理温度可以是400℃以上550℃以下,也可以是425℃以上525℃以下,也可以是475℃以上525℃以下。热处理时间也可以是0.05小时以上5小时以下。优选为1.0小时以上1.5小时以下。热处理时的气氛是任意的。例如,也可以设为接近真空的气氛。

[0098] 通过对热处理后的软磁性合金进行热压处理,能够实现软磁性合金中的各元素的含有比例的适当的分布。

[0099] 在对粉末形状的软磁性合金进行热压处理的情况下,对粉末形状的热处理后的软磁性合金施加热及压力即可。例如,也可以使用粉末成形用的模具进行热压处理。通过适当地控制加压温度、加压压力及加压时间,软磁性合金11的R(Co4)/R(Fe4)变小,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}变大。

[0100] 对于加压温度没有特别限制,也可以是350～425℃。对于加压压力没有特别限制,也可以是0.2～1.0MPa。对于加压时间没有特别限制,也可以是1～60分钟。但是,在加压温度低(例如比350℃低)的情况、加压压力低(例如比0.2MPa低)的情况、和/或加压时间短(例如比1分钟短)的情况下,未充分发生物质传移,难以控制各元素的含有比例的分布。另外,在加压温度高(例如比425℃高)的情况下,容易生成粗大晶粒,Hc容易上升。另外,在加压压力高(例如比1.0MPa高)的情况下,即使是在热压后,也容易在软磁性合金内部残留残余应力,Hc容易上升。

[0101] 以上,对本发明的一实施方式进行了说明,但本发明不限于上述的实施方式。

[0102] 对于本实施方式的软磁性合金的形状没有特别限制。如上所述,例示了薄带形状或粉末形状,但除此以外还可以考虑薄膜形状或块形状等。

[0103] 对于本实施方式的软磁性合金的用途没有特别限制。可举出例如电感器、电动机、变压器、防噪声部件等中所使用的磁芯、磁头等磁性部件。因为使用的是Hc低且Bs高的软磁性合金,所以能够应对大功率,且能够获得电力损耗小的磁性部件。

[0104] (第二实施方式)

[0105] 以下,对本发明的第二实施方式进行说明,未特别记载的部分与第一实施方式相同。

[0106] 以原子数基准计,将软磁性合金中的Fe的含有比例设为Ave(Fe),将软磁性合金中的Co的含有比例设为Ave(Co),将软磁性合金中的M及X的合计含有比例设为Ave(M+X)。而且,将Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的部分的比例设为R(Fe1),将Fe的含有比例低于Ave(Fe)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的比例设为R(Fe3),将Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的部分的比例设为R(Co1),将Co的含有比例低于Ave(Co)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的部分的比例设为R(Co3)。

[0107] 软磁性合金满足{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≥1.53。

[0108] 以下,对{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}的测定方法进行说明,未特别记载的部分与R(Fe4)/R(Co4)的测定方法相同。

[0109] 计算Co的含有比例为Ave(Co)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的网格的个数、和Co的含有比例低于Ave(Co)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的网格的个数之和。另外,计算Fe的含有比例为Ave(Fe)以上且M及X的合计含有比例为Ave(M+X)以上的网格的个数、和Co的含有比例低于Ave(Fe)且M及X的合计含有比例低于Ave(M+X)的网格的个数之和。而且,将前者的网格的个数除以后者的网格的个数而获得的值成为{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}。

[0110] 图3是将横轴设为z(Fe)轴且将纵轴设为z(M+X)轴而标绘各网格中的Fe的含有比例、和M及X的合计含有比例的附图。图4是将横轴设为z(Co)轴且将纵轴设为z(M+X)轴而标绘各网格中的Co的含有比例、和M及X的合计含有比例的附图。图3的全部点的数量和图4的全部点的数量一致。

[0111] 相对于图3的全部点的数量,第一象限的部分、z(Fe)=0及z(M+X)>0的部分、z(Fe)>0及z(M+X)=0的部分、以及z(Fe)=z(M+X)=0的部分中的任一部分所含的点的数量的合计比例为R(Fe1)。图3的第三象限的部分所含的点的数量的比例为R(Fe3)。

[0112] 相对于图4的全部点的数量,图4的第一象限的部分、z(Co)=0及z(M+X)>0的部分、z(Co)>0及z(M+X)=0的部分、以及z(Co)=z(M+X)=0的部分中的任一部分所含的点的数量的合计比例为R(Co1)。图4的第三象限的部分所含的点的数量的比例为R(Co3)。

[0113] M及X是作为非晶化组分已知的组分。可以说:R(Fe1)+R(Fe3)越小,则“Fe”和“M及X”分离的部分越大。可以说:R(Co1)+R(Co3)越大,则“Co”和“M及X”分离的部分越小。

[0114] 即,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}越大,则:与Fe相比,Co和非晶化组分的分离度越低。本发明人等发现,通过“与Fe相比,Co和非晶化组分的分离度更低”,从而磁致伸缩变小,Hc减小,并且Bs变高。

[0115] 对于{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}的上限没有特别的限定。例如,也可以是{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≤6.00。从磁特性的观点来看,优选{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≤4.00的情况,特别优选{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≤2.90的情况。

[0116] {R(Co1)+R(Co3)}及{R(Fe1)+R(Fe3)}是任意的。例如,可以是0.20≤{R(Co1)+R(Co3)}≤0.50,也可以是0.05≤{R(Fe1)+R(Fe3)}≤0.40。

[0117] 此外,也可以是R(Co4)/R(Fe4)≤0.90。在{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}≥1.53但R(Co4)/R(Fe4)>0.90的情况下,Bs容易降低。在第一实施方式中已经对R(Co4)/R(Fe4)的测定方法进行了说明。

[0118] 实施例

[0119] 以下,基于实施例对本发明进行具体说明。

[0120] (实验例1)

[0121] 分别称量各种原料金属等,以获得在各表中示出的组成的母合金。而且,在腔室内抽真空后,通过高频加热进行熔解,制作母合金。

[0122] 之后,加热所制作的母合金使其熔融,制成1250℃的熔融状态的金属后,通过单辊法向辊喷射所述金属,制作薄带。将辊温度设为30℃,将腔室内设为接近真空的状态。另外,通过适当地调整辊的转速,将获得的薄带的厚度设为20μm。

[0123] 接着,对所制作的各薄带进行热处理,获得单板状的试样。在各表中表示热处理温度。热处理时间设为1小时。在热处理时,将腔室内设为接近真空的状态,将腔室内的蒸汽压力设为1hPa以下。在表1~表3中没有记载热处理温度的试样是没有进行热处理的试样。在表4A、表4B、表5的全部实施例及比较例中,将热处理温度设为525℃。

[0124] 接着,对热处理后的单板状的试样进行热压处理。在各表中表示加压温度及加压压力。加压时间设为10分钟,热压时的腔室内的气氛设为在大气。在表4A、表4B、表5的全部实施例中,加压温度设为400℃,加压压力设为0.5MPa。

[0125] 在表1~表9中没有记载热压处理条件的试样是没有进行热压处理的试样。比较例3是,没有进行热压处理,在525℃下进行60分钟的热处理之后、在400℃进行了10分钟的热处理的试样。比较例4是将加压温度设为30℃的试样。即,比较例4是实质上没有加热而进行了加压处理的试样。比较例5是在实施例3中改变了热压处理和热处理的实施顺序的试样。

[0126] 对所获得的各试样使用3DAP观察了观察范围10nm×10nm×200nm的范围。将所设定的观察范围分割成2500个2nm×2nm×2nm的立方体的网格。而且,测定了各网格中的各元素的含有比例。确认到:对全部网格中的各元素的含有比例进行平均而获得的组成与在各表中记载的组成一致。

[0127] 而且,计算R(Co4)/R(Fe4)及{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}。在各表中表示结果。

[0128] 测定各试样的Bs及Hc。具体而言,使用振动试样型磁强计(VSM)以磁场1000kA/m测定Bs。使用Hc计测定Hc。在各表中表示结果。将Bs为1.40T以上的情况设为良好。将Hc为12.5A/m以下的情况设为良好,将低于7.0A/m的情况设为更良好,将低于5.0A/m的情况设为特别良好。

[0129]

[表 1]

	软磁性合金组成																		热处理条件		热压处理条件				磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ d=0										$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)															
	Fe		Co		A			M											热处理温度		加压温度	加压压力	R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs (T)	Hc (A/m)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m	X1	x1	X2	x2	X3	x3		°C	°C	MPa					
实施例 1	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	350	0.5	0.90	1.56	1.67	12.1			
实施例 2	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	375	0.5	0.86	1.99	1.69	6.8			
实施例 3	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	0.5	0.83	2.22	1.70	3.3			
实施例 4	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	425	0.5	0.82	2.30	1.70	3.1			
实施例 5	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	0.2	0.88	1.65	1.70	12.5			
实施例 3	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	0.5	0.83	2.22	1.70	3.3			
实施例 6	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	1.0	0.82	2.31	1.70	3.0			
实施例 3	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	0.5	0.83	2.22	1.70	3.3			
比较例 1	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	-	-	***0.98***	***1.03***	1.62	***14.7***			
比较例 2	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		-	400	0.5	***1.01***	***1.05***	1.58	***18.8***			
比较例 3	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	0.0	***0.98***	***1.20***	1.62	***14.2***			
比较例 4	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	30	0.5	***0.97***	***1.15***	1.63	***14.5***			
比较例 5	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000		525	400	0.5	***0.96***	***1.35***	1.65	***14.0***			

[0130]

[表 2]

	软磁性合金组成																		热处理条件		热压处理条件				磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ d=0																									
	Fe		Co		A			M			$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ （x=x1+x2+x3）												R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs（T）	Hc（A/m）
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m	X1	x1	X2	x2	X3	x3	热处理温度	℃	加压温度	℃	加压压力	MPa				
实施例 9	0.420	0.500	0.420	0.500	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		400		0.5		0.90	1.53	1.66	7.0
实施例 3	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		400		0.5		0.83	2.22	1.70	3.3
实施例 7	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		400		0.5		0.75	2.98	1.68	3.0
实施例 8	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		400		0.5		0.62	3.65	1.62	2.9
实施例 8a	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		400		1.0		0.58	3.91	1.59	2.8
实施例 8b	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		425		1.0		0.51	4.03	1.56	2.8
实施例 7a	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	425		400		0.5		0.76	1.52	1.59	5.0
比较例 101	0.420	0.500	0.420	0.500	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		-		-		***1.02***	***1.22***	1.64	***14.5***
比较例 102	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	525		-		-		***0.98***	***1.32***	1.58	***13.8***

[0131]

[表 3]

	软磁性合金组成																				热处理条件		热压处理条件				磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_\alpha A_\beta)_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$											$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)																
	Fe		Co		A			M										D			热处理温度	热处理条件	加压温度	加压压力	R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs (T)	Hc (A/m)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m	X1	x1	X2	x2	X3	x3	D	d	℃	℃	℃	MPa					
实施例 10	0.540	0.643	0.294	0.350	Cu	0.006	0.007	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.84	2.32	1.72	3.5
比较例 6	0.540	0.643	0.294	0.350	Cu	0.006	0.007	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	0.000	525	-	-	**0.97**	**1.11**	1.70	***13.1***
实施例 11	0.598	0.787	0.152	0.200	Cu	0.010	0.013	Nb	0.030	B	0.080	Si	0.130	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.80	2.45	1.50	2.8
比较例 7	0.598	0.787	0.152	0.200	Cu	0.010	0.013	Nb	0.030	B	0.080	Si	0.130	-	0.000	-	0.000	525	-	-	***0.98***	***1.06***	1.49	***12.9***
实施例 12	0.509	0.592	0.344	0.400	Cu	0.007	0.008	-	0.000	B	0.080	P	0.040	Si	0.020	-	0.000	425	400	0.5	0.84	2.01	1.82	6.6
比较例 8	0.509	0.592	0.344	0.400	Cu	0.007	0.008	-	0.000	B	0.080	P	0.040	Si	0.020	-	0.000	425	-	-	***0.93***	***1.40***	1.79	***15.0***
实施例 13	0.549	0.650	0.296	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.005	525	400	0.5	0.76	2.80	1.74	3.3
实施例 14	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	400	0.5	0.74	2.90	1.78	1.8
实施例 14a	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	400	0.5	0.71	3.41	1.71	1.6
实施例 14b	0.756	0.900	0.084	0.100	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	400	0.5	0.65	3.92	1.69	1.4
实施例 14c	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	400	0.5	0.60	4.56	1.66	1.1
实施例 I4d	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	400	1.0	0.54	5.71	1.61	1.4
实施例 I4e	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	425	1.0	0.49	6.00	1.55	1.1
实施例 15	0.533	0.650	0.287	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.030	525	400	0.5	0.81	2.26	1.72	1.9
实施例 17	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Mn	0.010	525	400	0.5	0.74	2.79	1.76	2.5
实施例 18	0.533	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Mn	0.030	525	400	0.5	0.79	2.30	1.70	2.2
实施例 16	0.520	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Mn	0.050	525	400	0.5	0.77	2.58	1.74	3.6
实施例 19	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	0.000	Ta	0.080	C	0.060	P	0.020	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.77	2.50	1.80	3.3
实施例 20	0.796	0.900	0.088	0.100	-	0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Ni	0.005	475	400	0.5	0.75	2.77	1.72	4.0
实施例 21	0.792	0.900	0.088	0.100	-	0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Ni	0.010	475	400	0.5	0.75	2.85	1.79	2.0
实施例 22	0.774	0.900	0.086	0.100	-	0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Ni	0.030	475	400	0.5	0.78	2.33	1.71	4.5
实施例 23	0.797	0.900	0.088	0.100	-	0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Mn	0.005	475	400	0.5	0.74	2.66	1.80	1.9
实施例 24	0.792	0.900	0.088	0.100	-	0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Mn	0.010	475	400	0.5	0.76	2.83	1.76	2.2
实施例 25	0.774	0.900	0.088	0.100	-	0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Mn	0.030	475	400	0.5	0.80	2.55	1.73	2.8
比较例 103	0.798	0.950	0.042	0.050	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Ni	0.010	525	-	-	**0.92**	**1.50**	1.60	**13.8**
比较例 104	0.546	0.650	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.035	-	0.000	Mn	0.010	525	-	-	**1.03**	**1.28**	1.75	**14.1**
比较例 105	0.792	0.900	0.088	0.100		0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Ni	0.010	475	-	-	**1.09**	**1.32**	1.78	**12.8**
比较例 106	0.792	0.900	0.088	0.100		0.000	0.000	Zr	0.110	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Mn	0.010	475	-	-	**1.03**	**1.29**	1.74	**13.3**
比较例 107	0.672	0.800	0.168	0.200		0.000	0.000	Ta	0.080	C	0.060	P	0.020	-	0.000	-	0.000	525	-	-	**1.05**	**1.33**	1.77	**13.4**

[0132]

[表 4A]

	软磁性合金组成													热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+ R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ （β=0，d=0）									$X_x=X1_{x1}X2_{x2}$（x=x1+x2）			加压温度	加压压力			Bs（T）	Hc（A/m）
	Fe		Co		M														
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	M1	m1	M2	m2	X1	x1	X2	x2	℃	MPa					
实施例 26	0.652	0.800	0.163	0.200	Nb	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035	400	0.5	0.88	1.64	1.73	7.8
实施例 27	0.652	0.800	0.163	0.200	Nb	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035	400	0.5	0.85	1.66	1.72	4.5
实施例 28	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.055	-	-	B	0.070	P	0.035	400	0.5	0.84	1.70	1.70	2.5
实施例 7	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035	400	0.5	0.79	1.98	1.68	3.0
实施例 29	0.668	0.800	0.167	0.200	Nb	0.075	-	-	B	0.090	-	0.000	400	0.5	0.78	2.00	1.66	2.9
实施例 30	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035	400	0.5	0.76	2.22	1.63	4.1
实施例 31	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.020	Zr	0.055	B	0.050	P	0.035	400	0.5	0.83	2.10	1.70	7.2
实施例 32	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.040	Zr	0.035	B	0.050	P	0.035	400	0.5	0.79	2.04	1.67	4.7
实施例 33	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.055	Zr	0.020	B	0.050	P	0.035	400	0.5	0.77	1.98	1.65	3.1
实施例 34	0.652	0.800	0.163	0.200	Zr	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035	400	0.5	0.89	1.70	1.68	8.2
实施例 35	0.652	0.800	0.163	0.200	Zr	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035	400	0.5	0.86	1.82	1.67	4.0
实施例 36	0.672	0.800	0.168	0.200	Zr	0.055	-	-	B	0.070	P	0.035	400	0.5	0.80	1.90	1.67	2.1
实施例 37	0.672	0.800	0.168	0.200	Zr	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035	400	0.5	0.76	2.05	1.64	2.8
实施例 38	0.672	0.800	0.168	0.200	Zr	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035	400	0.5	0.73	2.24	1.61	3.6
实施例 39	0.652	0.800	0.163	0.200	Ti	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035	400	0.5	0.87	1.60	1.75	9.5
实施例 40	0.652	0.800	0.163	0.200	Ti	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035	400	0.5	0.84	1.66	1.73	5.5
实施例 41	0.672	0.800	0.168	0.200	Ti	0.055	-	-	B	0.070	P	0.035	400	0.5	0.79	1.75	1.69	4.2
实施例 42	0.672	0.800	0.168	0.200	Ti	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035	400	0.5	0.79	1.88	1.66	3.9
实施例 43	0.672	0.800	0.168	0.200	Ti	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035	400	0.5	0.77	2.10	1.66	5.0
比较例 108	0.652	0.800	0.163	0.200	Nb	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035	-	-	**1.05**	**1.22**	1.72	**13.8**
比较例 109	0.672	0.800	0.168	0.200	Nb	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035	-	-	**1.00**	**1.15**	1.62	**13.3**
比较例 110	0.672	0.800	0.168	0.200	Zr	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035	-	-	**1.01**	**1.32**	1.61	**12.9**
比较例 111	0.672	0.800	0.168	0.200	Ti	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035	-	-	**1.03**	**1.33**	1.65	**13.4**

[0133]

[表 4B]

	软磁性合金组成													热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ （β=0，d=0）									$X_x=X1_{x1}X2_{x2}$ （x=x1+x2）				加压温度	加压压力			Bs（T）	Hc（A/m）
	Fe		Co		M=$M1_{m1}M2_{m2}$ （m=m1+m2）														
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	a	M1	m1	M2	m2	X1	x1	X2	x2		°C	MPa				
实施例 44	0.652	0.800	0.163	0.200	V	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035		400	0.5	0.83	1.66	1.72	8.6
实施例 45	0.652	0.800	0.163	0.200	V	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035		400	0.5	0.80	1.67	1.67	5.5
实施例 46	0.672	0.800	0.168	0.200	V	0.055	-	-	B	0.070	P	0.035		400	0.5	0.77	1.80	1.66	3.6
实施例 47	0.672	0.800	0.168	0.200	V	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035		400	0.5	0.77	1.98	1.62	2.4
实施例 48	0.672	0.800	0.168	0.200	V	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035		400	0.5	0.80	2.00	1.60	3.8
实施例 49	0.652	0.800	0.163	0.200	Cr	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035		400	0.5	0.86	1.70	1.69	9.0
实施例 50	0.652	0.800	0.163	0.200	Cr	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035		400	0.5	0.80	1.98	1.66	5.5
实施例 51	0.672	0.800	0.168	0.200	Hf	0.055	-	-	B	0.070	P	0.035		400	0.5	0.78	2.12	1.71	3.0
实施例 52	0.672	0.800	0.168	0.200	Hf	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035		400	0.5	0.75	2.20	1.64	2.2
实施例 53	0.672	0.800	0.168	0.200	Hf	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035		400	0.5	0.74	2.59	1.62	3.9
实施例 54	0.652	0.800	0.163	0.200	Ta	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035		400	0.5	0.80	1.90	1.74	5.0
实施例 55	0.652	0.800	0.163	0.200	Ta	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035		400	0.5	0.79	2.25	1.73	4.1
实施例 56	0.672	0.800	0.168	0.200	Ta	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035		400	0.5	0.75	2.30	1.69	3.1
实施例 57	0.672	0.800	0.168	0.200	Ta	0.055	-	-	B	0.070	P	0.035		400	0.5	0.79	2.19	1.71	2.7
实施例 58	0.672	0.800	0.168	0.200	Ta	0.090	-	-	B	0.035	P	0.035		400	0.5	0.73	2.45	1.64	4.0
实施例 59	0.652	0.800	0.163	0.200	Mo	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035		400	0.5	0.88	1.66	1.72	7.4
实施例 60	0.672	0.800	0.168	0.200	Mo	0.035	-	-	B	0.090	P	0.035		400	0.5	0.83	1.74	1.70	5.5
实施例 61	0.652	0.800	0.163	0.200	W	0.020	-	-	B	0.130	P	0.035		400	0.5	0.86	1.65	1.71	8.9
实施例 62	0.672	0.800	0.168	0.200	W	0.035	-	-	B	0.090	P	0.035		400	0.5	0.84	1.80	1.63	4.4
比较例 112	0.672	0.800	0.168	0.200	V	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035		-	-	**0.97**	**1.45**	1.61	**14.1**
比较例 113	0.652	0.800	0.163	0.200	Cr	0.040	-	-	B	0.110	P	0.035		-	-	**0.93**	**1.20**	1.65	**13.1**
比较例 114	0.672	0.800	0.168	0.200	Hf	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035		-	-	**1.02**	**1.33**	1.61	**13.3**
比较例 115	0.672	0.800	0.168	0.200	Ta	0.075	-	-	B	0.050	P	0.035		-	-	**1.04**	**1.45**	1.68	**15.1**
比较例 116	0.672	0.800	0.168	0.200	Mo	0.035	-	-	B	0.090	P	0.035		-	-	**1.01**	**1.34**	1.68	**14.6**
比较例 117	0.672	0.800	0.168	0.200	W	0.035	-	-	B	0.090	P	0.035		-	-	**0.94**	**1.43**	1.61	**13.0**

[0134]

[表 5]

	软磁性合金组成																热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Co1)+R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_\alpha A_\beta)_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$									$X_x=Xl_{xl}X2_{x2}$ (x=x1+x2)			D			加压温度	加压压力			Bs (T)	Hc (A/m)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	Fe 1-(α+β)	Co α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m	X1	xl	X2	x2	D	d	°C	MPa				
实施例 7	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.79	1.98	1.68	3.0
实施例 63	0.664	0.790	0.168	0.200	Cu	0.008	0.010	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.76	2.08	1.71	2.5
实施例 64	0.664	0.790	0.168	0.200	Al	0.008	0.010	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.76	1.92	1.66	4.1
实施例 65	0.655	0.780	0.168	0.200	Zn	0.017	0.020	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.75	1.99	1.65	3.3
实施例 66	0.668	0.795	0.168	0.200	Mg	0.004	0.005	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.78	1.89	1.66	3.1
实施例 67	0.665	0.792	0.168	0.200	Ca	0.007	0.008	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.77	1.95	1.62	3.6
实施例 68	0.671	0.799	0.168	0.200	O	0.001	0.001	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.76	1.94	1.68	3.0
实施例 69	0.671	0.799	0.168	0.200	S	0.001	0.001	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.80	1.99	1.68	3.0
实施例 63	0.664	0.790	0.168	0.200	Cu	0.008	0.010	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.76	2.08	1.71	2.5
实施例 70	0.656	0.790	0.164	0.200	Cu	0.008	0.010	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	Ni	0.010	400	0.5	0.74	2.20	1.75	2.1
实施例 71	0.648	0.790	0.160	0.200	Cu	0.008	0.010	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	Mn	0.020	400	0.5	0.74	2.29	1.72	2.2
实施例 72	0.692	0.800	0.173	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.040	P	0.020	-	0.000	400	0.5	0.76	2.11	1.77	4.5
实施例 7	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.79	1.98	1.68	3.0
实施例 73	0.656	0.800	0.164	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.070	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.80	1.95	1.66	3.2
实施例 74	0.640	0.800	0.160	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.090	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.83	1.91	1.63	3.0
实施例 75	0.624	0.800	0.156	0.200	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.110	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.85	1.88	1.61	2.3
比较例 118	0.664	0.790	0.168	0.200	Al	0.008	0.010	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	-	**0.99**	**1.22**	1.65	**13.3**
比较例 119	0.655	0.780	0.168	0.200	Zn	0.017	0.020	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	-	**1.04**	**1.32**	1.62	**14.1**
比较例 120	0.668	0.795	0.168	0.200	Mg	0.004	0.005	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	-	**0.93**	**1.27**	1.62	**13.8**
比较例 121	0.665	0.792	0.168	0.200	Ca	0.007	0.008	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	-	**0.96**	**1.34**	1.61	**13.2**
比较例 122	0.671	0.799	0.168	0.200	O	0.001	0.001	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	-	**1.06**	**1.18**	1.67	**15.1**
比较例 123	0.671	0.799	0.168	0.200	S	0.001	0.001	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	-	0.000	-	-	**0.95**	**1.41**	1.67	**14.7**

[0135]

[表 6A]

	软磁性合金组成													热处理条件	热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_\alpha A_\beta)_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$							(β=0,d=0)												
	Fe	Co		M			$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)							热处理温度	加压温度	加压压力			Bs (T)	Hc (A/m)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	M	m	X1	x1	X2	x2	X3	x3		℃	℃	MPa				
实施例 101	0.593	0.750	0.198	0.250	Nb	0.060	B	0.080	P	0.070	-	0.000		525	400	0.5	0.88	2.09	1.63	4.2
实施例 102	0.593	0.750	0.198	0.250	Nb	0.060	B	0.120	P	0.030	-	0.000		525	400	0.5	0.84	1.82	1.59	2.7
实施例 103	0.589	0.750	0.196	0.250	Nb	0.060	B	0.145	P	0.010	-	0.000		525	400	0.5	0.58	4.84	1.66	1.0
实施例 104	0.593	0.750	0.198	0.250	Nb	0.060	B	0.080	Si	0.070	-	0.000		525	400	0.5	0.75	2.05	1.65	1.4
实施例 105	0.593	0.750	0.198	0.250	Nb	0.060	B	0.120	Si	0.030	-	0.000		525	400	0.5	0.89	1.57	1.60	3.5
实施例 106	0.593	0.750	0.198	0.250	Nb	0.060	B	0.145	Si	0.005	-	0.000		525	400	0.5	0.68	3.61	1.68	2.9
实施例 107	0.593	0.750	0.198	0.250	Nb	0.060	B	0.100	C	0.050	-	0.000		525	400	0.5	0.73	2.64	1.59	1.6
实施例 108	0.608	0.750	0.203	0.250	Nb	0.060	B	0.120	C	0.010	-	0.000		525	400	0.5	0.62	3.24	1.72	2.1
实施例 109	0.608	0.750	0.203	0.250	Nb	0.060	B	0.125	C	0.005	-	0.000		525	400	0.5	0.56	4.77	1.60	3.2
实施例 110	0.578	0.750	0.193	0.250	Nb	0.080	B	0.130	P	0.010	Si	0.010		525	400	0.5	0.60	4.64	1.59	5.2
实施例 111	0.563	0.750	0.188	0.250	Nb	0.080	B	0.070	P	0.050	Si	0.050		525	400	0.5	0.78	2.49	1.56	4.5
实施例 112	0.600	0.750	0.200	0.250	Nb	0.050	B	0.130	P	0.010	Si	0.010		525	400	0.5	0.69	3.58	1.71	3.1
实施例 113	0.585	0.750	0.195	0.250	Nb	0.050	B	0.070	P	0.050	Si	0.050		525	400	0.5	0.52	5.00	1.59	3.3
实施例 114	0.578	0.750	0.193	0.250	Nb	0.080	B	0.130	P	0.010	C	0.010		525	400	0.5	0.63	3.55	1.54	2.5
实施例 115	0.563	0.750	0.188	0.250	Nb	0.080	B	0.070	P	0.050	C	0.050		525	400	0.5	0.76	2.88	1.52	2.7
实施例 116	0.600	0.750	0.200	0.250	Nb	0.050	B	0.130	P	0.010	C	0.010		525	400	0.5	0.72	2.71	1.68	3.0
实施例 117	0.585	0.750	0.195	0.250	Nb	0.050	B	0.070	P	0.050	C	0.050		525	400	0.5	0.80	2.15	1.58	4.0
实施例 118	0.564	0.700	0.242	0.300	Nb	0.030	B	0.090	P	0.070	Si	0.005		525	400	0.5	0.70	3.00	1.67	3.1
实施例 119	0.560	0.700	0.240	0.300	Nb	0.030	B	0.110	P	0.030	Si	0.030		525	400	0.5	0.70	2.88	1.72	4.6
实施例 120	0.560	0.700	0.240	0.300	Nb	0.030	B	0.110	P	0.010	Si	0.050		525	400	0.5	0.75	2.36	1.58	4.6
实施例 121	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.020	B	0.110	P	0.030	Si	0.030		525	400	0.5	0.69	2.75	1.64	2.8
实施例 122	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.010	B	0.110	P	0.040	Si	0.030		525	400	0.5	0.69	3.41	1.67	2.2
实施例 123	0.490	0.700	0.210	0.300	Nb	0.030	B	0.230	-	0.000	-	0.000		500	400	0.5	0.83	2.55	1.51	3.1
比较例 124	0.564	0.700	0.242	0.300	Nb	0.030	B	0.090	P	0.070	Si	0.005		525	-	-	**1.01**	**1.22**	1.66	**13.0**
比较例 125	0.600	0.750	0.200	0.250	Nb	0.050	B	0.130	P	0.010	C	0.010		525	-	-	**0.98**	**1.09**	1.65	**13.3**

[0136]

[表 6B]

	软磁性合金组成														热处理条件	热压处理条件				磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$（β=0，d=0）									$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$（x=x1+x2+x3）											
	Fe		Co		M			X1	x1	X2	x2	X3	x3	热处理温度	加压温度	加压压力	R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs（T）	Hc（A/m）
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	M	m								℃	℃	MPa				
实施例 124	0.525	0.700	0.225	0.300	-	0.000	B	0.250	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.74	2.65	1.50	3.8
实施例 125	0.553	0.700	0.237	0.300	-	0.000	B	0.210	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.54	4.39	1.72	3.3
实施例 126	0.680	0.800	0.170	0.200	-	0.000	B	0.080	P	0.070	-	0.000	475	400	0.5	0.87	1.86	1.65	6.2
实施例 127	0.688	0.800	0.172	0.200	-	0.000	B	0.110	P	0.030	-	0.000	475	400	0.5	0.86	1.89	1.81	6.1
实施例 128	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	B	0.150	P	0.010	-	0.000	475	400	0.5	0.57	4.10	1.70	6.7
实施例 129	0.680	0.800	0.170	0.200	-	0.000	B	0.080	Si	0.070	-	0.000	475	400	0.5	0.81	1.56	1.65	1.9
实施例 130	0.680	0.800	0.170	0.200	-	0.000	B	0.120	Si	0.030	-	0.000	475	400	0.5	0.72	3.06	1.68	3.7
实施例 131	0.668	0.800	0.167	0.200	-	0.000	B	0.160	Si	0.005	-	0.000	475	400	0.5	0.51	5.32	1.72	4.0
实施例 132	0.648	0.800	0.162	0.200	-	0.000	B	0.150	C	0.040	-	0.000	475	400	0.5	0.73	2.40	1.65	4.8
实施例 133	0.672	0.800	0.168	0.200	-	0.000	B	0.140	C	0.020	-	0.000	475	400	0.5	0.70	2.93	1.66	3.9
实施例 134	0.668	0.800	0.167	0.200	-	0.000	B	0.160	C	0.005	-	0.000	475	400	0.5	0.64	3.10	1.65	3.3
实施例 135	0.670	0.800	0.168	0.200	-	0.000	B	0.160	C	0.002	-	0.000	475	400	0.5	0.78	2.29	1.64	1.5
实施例 136	0.644	0.800	0.161	0.200	-	0.000	B	0.120	P	0.070	C	0.005	475	400	0.5	0.57	5.25	1.67	3.0
实施例 137	0.756	0.900	0.084	0.100	-	0.000	B	0.110	P	0.030	C	0.020	475	400	0.5	0.54	5.46	1.75	6.6
实施例 138	0.783	0.900	0.087	0.100	-	0.000	B	0.080	P	0.010	C	0.040	475	400	0.5	0.83	1.75	1.76	5.3
实施例 139	0.725	0.900	0.081	0.100	-	0.000	B	0.120	P	0.070	Si	0.005	475	400	0.5	0.77	2.62	1.61	3.0
实施例 140	0.756	0.900	0.084	0.100	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.020	475	400	0.5	0.80	2.89	1.73	5.0
实施例 141	0.783	0.900	0.087	0.100	-	0.000	B	0.080	P	0.010	Si	0.040	475	400	0.5	0.53	4.85	1.73	7.3
比较例 126	0.688	0.800	0.172	0.200	-	0.000	B	0.110	P	0.030	-	0.000	475	-	-	**1.05**	**1.17**	1.78	**14.1**
比较例 127	0.756	0.900	0.084	0.100	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.020	475	-	-	**0.95**	**1.32**	1.71	**14.9**
比较例 128	0.756	0.900	0.084	0.100	-	0.000	B	0.110	P	0.030	C	0.020	475	-	-	**0.93**	**1.41**	1.73	**12.9**

[0137]

[表 7]

	软磁性合金组成																热处理条件	热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_\alpha A_\beta)_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ (d=0)								$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)														
	Fe		Co	A			M										热处理温度	加压温度	加压压力			Bs（T）	Hc（A/m）
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m	X1	x1	X2	x2	X3	x3	℃	℃	MPa				
实施例 142	0.581	0.696	0.251	0.300	Cu	0.003	0.004	Nb	0.010	B	0.090	P	0.060	C	0.005	525	400	0.5	0.89	1.87	1.73	4.5
实施例 143	0.561	0.692	0.243	0.300	Cu	0.006	0.008	Nb	0.010	B	0.110	P	0.040	C	0.030	525	400	0.5	0.59	3.82	1.61	5.1
实施例 144	0.545	0.690	0.237	0.300	Cu	0.008	0.010	Nb	0.010	B	0.130	P	0.020	C	0.050	525	400	0.5	0.52	4.96	1.60	2.0
实施例 145	0.579	0.685	0.254	0.300	Cu	0.013	0.015	Nb	0.005	B	0.090	P	0.060	-	0.000	525	400	0.5	0.62	3.20	1.71	3.6
实施例 146	0.583	0.690	0.254	0.300	Cu	0.008	0.010	Nb	0.005	B	0.110	P	0.040	-	0.000	525	400	0.5	0.56	5.05	1.69	4.8
实施例 147	0.562	0.665	0.254	0.300	Cu	0.030	0.035	Nb	0.005	B	0.130	P	0.020	-	0.000	525	400	0.5	0.82	1.74	1.67	4.8
实施例 148	0.776	0.970	0.016	0.020	Cu	0.008	0.010	-	0.000	B	0.200	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.84	2.08	1.57	2.6
实施例 149	0.641	0.796	0.161	0.200	Cu	0.003	0.004	-	0.000	B	0.120	P	0.070	C	0.005	475	400	0.5	0.66	3.71	1.62	5.1
实施例 150	0.749	0.892	0.084	0.100	Cu	0.007	0.008	-	0.000	B	0.110	P	0.030	C	0.020	475	400	0.5	0.60	3.94	1.67	2.7
实施例 151	0.774	0.890	0.087	0.100	Cu	0.009	0.010	-	0.000	B	0.080	P	0.010	C	0.040	475	400	0.5	0.78	2.32	1.83	3.7
实施例 152	0.712	0.885	0.081	0.100	Cu	0.012	0.015	-	0.000	B	0.120	P	0.070	Si	0.005	475	400	0.5	0.56	4.58	1.71	6.3
实施例 153	0.749	0.892	0.084	0.100	Cu	0.007	0.008	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.020	475	400	0.5	0.88	2.00	1.65	7.2
实施例 154	0.776	0.892	0.087	0.100	Cu	0.007	0.008	-	0.000	B	0.080	P	0.010	Si	0.040	475	400	0.5	0.57	4.60	1.79	4.6
实施例 155	0.551	0.680	0.243	0.300	Cu	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.72	2.73	1.58	4.3
实施例 156	0.551	0.680	0.243	0.300	Ga	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.80	2.60	1.61	2.2
实施例 157	0.551	0.680	0.243	0.300	Sn	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.84	1.66	1.59	6.2
实施例 158	0.551	0.680	0.243	0.300	La	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.76	1.66	1.65	5.3
实施例 159	0.551	0.680	0.243	0.300	Zn	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.88	1.61	1.66	4.1
实施例 160	0.527	0.650	0.243	0.300	Al	0.041	0.050	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.77	1.55	1.62	6.6
实施例 161	0.551	0.680	0.243	0.300	Al	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.78	2.09	1.60	2.9
实施例 162	0.527	0.650	0.243	0.300	Mg	0.041	0.050	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.75	1.99	1.55	5.9
实施例 163	0.551	0.680	0.243	0.300	Mg	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.57	4.94	1.68	6.3
实施例 164	0.527	0.650	0.243	0.300	Ca	0.041	0.050	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.80	2.81	1.52	2.9
实施例 165	0.551	0.680	0.243	0.300	Ca	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.87	1.57	1.65	8.3
实施例 166	0.551	0.680	0.243	0.300	O	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.69	3.87	1.63	2.9
实施例 167	0.551	0.680	0.243	0.300	S	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	400	0.5	0.60	3.22	1.58	4.4

[0138]

比较例 129	0.545	0.690	0.237	0.300	Cu	0.008	0.010	Nb	0.010	B	0.130	P	0.020	C	0.050	525	-	-	**0.94**	**1.46**	1.58	**13.1**
比较例 130	0.749	0.892	0.084	0.100	Cu	0.007	0.008	-	0.000	B	0.110	P	0.030	C	0.020	475	-	-	**0.98**	**1.27**	1.65	**14.1**
比较例 131	0.551	0.680	0.243	0.300	Ga	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**1.01**	**1.33**	1.59	**13.9**
比较例 132	0.551	0.680	0.243	0.300	Sn	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**0.99**	**1.22**	1.57	**15.0**
比较例 133	0.551	0.680	0.243	0.300	La	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**1.05**	**1.32**	1.64	**14.3**
比较例 134	0.551	0.680	0.243	0.300	Zn	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**1.03**	**1.33**	1.64	**13.1**
比较例 135	0.527	0.650	0.243	0.300	Al	0.041	0.050	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**1.03**	**1.41**	1.61	**12.9**
比较例 136	0.527	0.650	0.243	0.300	Mg	0.041	0.050	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**0.96**	**1.33**	1.53	**14.4**
比较例 137	0.527	0.650	0.243	0.300	Ca	0.041	0.050	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**0.99**	**1.47**	1.51	**13.7**
比较例 138	0.551	0.680	0.243	0.300	O	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**1.05**	**1.08**	1.61	**13.9**
比较例 139	0.551	0.680	0.243	0.300	S	0.016	0.020	-	0.000	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	475	-	-	**1.01**	**1.44**	1.57	**12.9**

[0139]

[表 8]

	软磁性合金组成																热处理条件	热压处理条件				磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ (β=0,m=0)																						
	Fe		Co		$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)							$D_d=D1_{d1}+D2_{d2}$ (d=d1+d2)					热处理温度	加压温度	加压压力	R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs (T)	Hc (A/m)
	$\frac{(1-(\alpha+\beta))\times}{(1-(m+x+d))}$	1-(α+β)	$\frac{\alpha\times}{(1-(m+x+d))}$	α	X1	x1	X2	x2	X3	x3	D1	d1	D2	d2	℃	℃	MPa					
实施例 168	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.050	Si	0.030	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.80	2.14	1.64	4.1
实施例 169	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.040	Si	0.030	Ni	0.010	-	0.000	475	400	0.5	0.63	2.95	1.61	4.3
实施例 170	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Ni	0.030	-	0.000	475	400	0.5	0.72	2.35	1.71	1.7
实施例 171	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.000	Si	0.030	Ni	0.050	-	0.000	475	400	0.5	0.83	2.08	1.67	5.8
实施例 172	0.571	0.700	0.245	0.300	B	0.110	P	0.040	Si	0.030	Mn	0.005	-	0.000	475	400	0.5	0.52	4.95	1.62	4.1
实施例 173	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Mn	0.030	-	0.000	475	400	0.5	0.60	5.22	1.65	3.2
实施例 174	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.000	Si	0.030	Mn	0.050	-	0.000	475	400	0.5	0.70	3.61	1.69	3.3
实施例 175	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Ni	0.015	Mn	0.015	475	400	0.5	0.89	2.06	1.61	5.8
比较例 140	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.040	Si	0.030	Ni	0.010	-	0.000	475	-	-	**0.96**	**1.40**	1.60	**13.0**
比较例 141	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Mn	0.030	-	0.000	475	-	-	**1.02**	**1.09**	1.64	**14.1**
比较例 142	0.567	0.700	0.243	0.300	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Ni	0.015	Mn	0.015	475	-	-	**1.00**	**1.17**	1.59	**13.3**

[0140]

[表 9]

	软磁性合金组成																						热处理条件		热压处理条件				磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$ (β=0)																													
	Fe		Co		$M_m=M1_{m1}M2_{m2}M3_{m3}$ (m=m1+m2+m3)							$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)							D						R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs (T)	Hc (A/m)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	M1	m1	M2	m2	M3	m3	X1	x1	X2	x2	X3	x3	D	d	热处理温度	℃	加压温度	℃	加压压力	MPa				
实施例 176	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.018	Cr	0.002	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		400		0.5		0.53	4.45	1.63	4.5
实施例 177	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.010	Cr	0.010	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		400		0.5		0.79	2.82	1.67	3.6
实施例 178	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.002	Cr	0.018	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		400		0.5		0.86	1.88	1.72	6.5
实施例 179	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.009	Zr	0.009	Cr	0.002	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		400		0.5		0.66	3.26	1.71	5.0
实施例 180	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.009	Hf	0.009	Cr	0.002	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		400		0.5		0.74	3.15	1.69	4.1
实施例 181	0.567	0.700	0.243	0.300	Zr	0.009	Hf	0.009	Cr	0.002	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		400		0.5		0.70	3.01	1.73	4.8
实施例 182	0.581	0.700	0.249	0.300	Zr	0.120	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000	-	0.000	Ni	0.050	575		400		0.5		0.89	1.53	1.75	9.2
比较例 143	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.010	Cr	0.010	-	0.000	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		-		-		**0.96**	**1.32**	1.66	**12.8**
比较例 144	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.009	Zr	0.009	Cr	0.002	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	525		-		-		**1.03**	**1.41**	1.68	**13.4**

[0141] 表1的实施例1～4是改变加压温度的实施例。加压温度越高,R(Co4)/R(Fe4)越降低,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}越上升。而且,Bs变高,Hc变低。

[0142] 表1的实施例5、6是对实施例3改变加压压力的实施例。加压压力越高,R(Co4)/R(Fe4)越降低,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}越上升。而且,Bs变高,Hc变低。

[0143] 表1的比较例1～5是在不能说是进行了热处理之后进行了热压处理的条件下实施的实验例。都是R(Co4)/R(Fe4)过高,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}过低。而且,Hc变高。而且,与相同组成的另一实施例相比,Bs变低。

[0144] 表2的实施例7～9、8a、8b是在实施例3中除了改变Fe和Co的比例和/或热压处理条件之外其他都在相同条件下实施的实施例。都是R(Co4)/R(Fe4)为0.90以下,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}为1.53以上。而且,Bs及Hc良好。

[0145] 表2的实施例7a是在实施例7中改变了热处理温度的实施例。R(Co4)/R(Fe4)为0.90以下,但{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}降低。其结果,与实施例7相比,Hc上升。

[0146] 表3～表9的实施例10～75、14a～14e、101～182是在表1、表2的实施例中改变了组成,其它条件也随之根据需要而变化的实施例。都是R(Co4)/R(Fe4)为0.90以下,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}为1.53以上。而且,Bs及Hc良好。

[0147] 表3的比较例6～8是对实施例10～12除了不进行热压处理之外与这些实施例在相同条件下实施的比较例。都是R(Co4)/R(Fe4)过高,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}过低。而且,Hc变高。而且,与除了进行热压处理之外在相同条件下实施的实施例相比,Bs变低。

[0148] 表2～表9的比较例101～144是对表2～表9的一部分实施例除了不进行热压处理之外与这些实施例在相同条件下实施的比较例。都是R(Co4)/R(Fe4)过高,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}过低。而且,Hc变高。而且,与除了进行热压处理之外在相同条件下实施的实施例相比,Bs变低。

[0149] (实验例2)

[0150] 分别称量各种原料金属等,以获得表10～12所示的组成的母合金。而且,在腔室内抽真空后,通过高频加热进行熔解,制作母合金。

[0151] 接着,加热所制作的母合金使其熔融,制成1500℃的熔融状态的金属之后,通过气体雾化法制作粉末。气体加热温度设为30℃,将腔室内设为接近真空的状态。将获得的粉末分级为平均粒径25μm左右。

[0152] 接着,对所制作的各粉末进行热处理。在表10所记载的各试样中,热处理温度设为525℃,热处理时间设为1小时。在表11～12中,适当地示出了热处理条件。在进行热处理时,将腔室内设为接近真空的状态。

[0153] 接着,使用粉末成形用的模具对热处理后的粉末进行热压处理。在表10～12中示出加压温度及加压压力。加压时间设为10分钟,进行热压时的腔室内的气氛设为大气。此外,没有记载热压处理的条件的试样是没有进行热压处理的试样。

[0154] 对于获得的各试样,使用3DAP对观察范围10nm×10nm×200nm的范围进行了观察。将所设定的观察范围分割成2500个2nm×2nm×2nm的立方体的网格。而且,测定各网格中的各元素的含有比例。确认到:对全部网格中的各元素的含有比例进行平均而获得的组成与在各表中记载的组成一致。

[0155] 而且,计算了R(Co4)/R(Fe4)及{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}。在表10～12中表示结果。

[0156] 测定了各试样的Bs及Hc。具体而言,使用振动试样型磁强计(VSM)以磁场1000kA/m测定Bs。使用Hc计测定Hc。在表10～12中表示结果。将Bs为1.40T以上的情况设为良好。将Hc低于7.00e的情况设为良好,将低于3.00e的情况设为更加良好。

[0157]

[表 10]

	软磁性合金组成																热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d$									$X_x=Xl_{xl}X2_{x2}$ (x=x1+x2)				D							
	Fe		Co		A			M									加压温度	加压压力			Bs (T)	Hc (Oe)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m	Xl	xl	X2	x2	D	d	℃	MPa				
实施例 76	0.540	0.650	0.291	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.060	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.84	2.01	1.63	1.9
比较例 9	0.540	0.650	0.291	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.060	P	0.035	-	0.000	-	-	***1.02***	***1.04***	1.60	***13.4***
实施例 76	0.540	0.650	0.291	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.060	P	0.035	-	0.000	400	0.5	0.84	2.01	1.63	1.9
实施例 77	0.536	0.638	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	Ni	0.010	400	0.5	0.79	2.81	1.71	0.9
实施例 78	0.598	0.787	0.152	0.200	Cu	0.010	0.013	Nb	0.030	B	0.080	Si	0.130	-	0.000	400	0.5	0.84	2.39	1.42	1.3
比较例 10	0.598	0.787	0.152	0.200	Cu	0.010	0.013	Nb	0.030	B	0.080	Si	0.130	-	0.000	-	-	***1.00***	***1.05***	***1.39***	**15.1**
比较例 145	0.536	0.638	0.294	0.350	-	0.000	0.000	Nb	0.075	B	0.050	P	0.035	Ni	0.010	-	-	***0.98***	***1.21***	1.67	**9.1**

[0158]

[表 11]

	软磁性合金组成																				热处理条件						磁特性		
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d(\beta=0)$																												
	Fe		Co		M=$MI_{m1}M2_{m2}$ (m=ml+m2)				$X_x=XI_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)							$D_d=D1_{d1}+D2_{d2}$ (d=d1+d2)						热处理温度	加压温度	加压压力	R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	Bs (T)	Hc (Oe)
	(1-(α+β))×(1-(m+x+d))	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	M1	ml	M2	m2	X1	xl	X2	x2	X3	x3	D1	dl	D2	d2	℃	℃	MPa					
实施例 183	0.553	0.700	0.237	0.300	Nb	0.080	-	-	B	0.070	P	0.050	Si	0.010	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.80	2.00	1.48	1.9
实施例 184	0.553	0.700	0.237	0.300	Nb	0.040	-	-	B	0.090	P	0.050	Si	0.030	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.63	2.97	1.57	3.3
实施例 185	0.680	0.850	0.120	0.150	Nb	0.020	-	-	B	0.130	P	0.040	Si	0.010	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.84	2.21	1.51	1.3
实施例 186	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.018	Cr	0.002	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	-	0.000	525	400	0.5	0.69	2.09	1.56	2.0
实施例 187	0.676	0.800	0.169	0.200	-	-	-	-	B	0.130	P	0.020	Si	0.005	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.84	1.90	1.61	2.2
实施例 188	0.664	0.800	0.166	0.200	-	-	-	-	B	0.090	P	0.040	Si	0.040	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.81	2.22	1.66	1.5
实施例 189	0.592	0.700	0.254	0.300	-	-	-	-	B	0.130	P	0.020	C	0.005	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.76	2.48	1.67	1.8
实施例 190	0.581	0.700	0.249	0.300	-	-	-	-	B	0.090	P	0.040	C	0.040	-	0.000	-	0.000	475	400	0.5	0.79	2.55	1.52	1.2
实施例 191	0.567	0.700	0.243	0.300	-	-	-	-	B	0.110	P	0.000	Si	0.030	Mn	0.050	-	0.000	475	400	0.5	0.69	2.61	1.60	2.5
实施例 192	0.567	0.700	0.243	0.300	-	-	-	-	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Ni	0.015	Mn	0.015	475	400	0.5	0.84	1.69	1.49	1.1
比较例 146	0.553	0.700	0.237	0.300	Nb	0.080	-	-	B	0.070	P	0.050	Si	0.010	-	0.000	-	0.000	525	-	-	**0.99**	**1.44**	1.46	***9.8***
比较例 147	0.680	0.850	0.120	0.150	Nb	0.020	-	-	B	0.130	P	0.040	Si	0.010	-	0.000	-	0.000	525	-	-	**1.04**	**1.49**	1.49	***8.8***
比较例 148	0.567	0.700	0.243	0.300	Nb	0.018	Cr	0.002	B	0.110	P	0.030	Si	0.030	-	0.000	-	0.000	525	-	-	**0.98**	**1.24**	1.55	***10.1***
比较例 149	0.581	0.700	0.249	0.300	-	-	-	-	B	0.090	P	0.040	C	0.040	-	0.000	-	0.000	475	-	-	**1.01**	**1.32**	1.50	***7.1***
比较例 150	0.664	0.800	0.166	0.200	-	-	-	-	B	0.090	P	0.040	Si	0.040	-	0.000	-	0.000	475	-	-	**1.00**	**1.22**	1.65	***8.8***
比较例 151	0.567	0.700	0.243	0.300	-	-	-	-	B	0.110	P	0.020	Si	0.030	Ni	0.015	Mn	0.015	475	-	-	**0.97**	**1.11**	1.46	***8.2***

[0159]

[表 12]

	软磁性合金组成																热处理条件	热压处理条件		R(Co4)/R(Fe4)	{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}	磁特性	
	$(Fe_{1-(\alpha+\beta)}Co_{\alpha}A_{\beta})_{1-(m+x+d)}M_mX_xD_d(d=0)$								$X_x=X1_{x1}X2_{x2}X3_{x3}$ (x=x1+x2+x3)														
	Fe		Co		A			M			X1	x1	X2	x2	X3	x3	热处理温度	加压温度	加压压力			Bs (T)	Hc (Oe)
	$(1-(\alpha+\beta))\times(1-(m+x+d))$	1-(α+β)	α×(1-(m+x+d))	α	A	β×(1-(m+x+d))	β	M	m								℃	℃	MPa				
实施例 193	0.690	0.850	0.122	0.150	Cu	0.008	0.010	Nb	0.020	B	0.110	P	0.040	Si	0.010	525	400	0.5	0.60	3.55	1.55	4.2
实施例 194	0.664	0.800	0.166	0.200	Cu	0.010	0.012	-	-	B	0.130	P	0.020	Si	0.010	475	400	0.5	0.67	2.22	1.59	2.0
实施例 195	0.656	0.800	0.164	0.200	Cu	0.010	0.012	-	-	B	0.090	P	0.040	C	0.040	475	400	0.5	0.76	2.09	1.57	1.1
比较例 152	0.690	0.850	0.122	0.150	Cu	0.008	0.010	Nb	0.020	B	0.110	P	0.040	Si	0.010	525	-	-	**0.96**	**1.09**	1.52	**7.1**
比较例 153	0.656	0.800	0.164	0.200	Cu	0.010	0.012	-	-	B	0.090	P	0.040	C	0.040	475	-	-	**0.99**	**1.31**	1.55	**9.1**

[0160] 在进行了热压处理的实施例中,都是R(Co4)/R(Fe4)为0.90以下,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}为1.53以上。而且,Bs及Hc良好。与此相对,除了没有进行热压处

理之外、在与实施例76及实施例78相同的条件下实施的比较例9及比较例10中,R(Co4)/R(Fe4)过高,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}过低。而且,比较例9中Hc过高,比较例10中Bs过低。而且,与实施例76相比,比较例9的Bs变低;与实施例78相比,比较例10的Hc变高。

[0161] 另外,粉末形状的实施例78和薄带形状的实施例11中,除了软磁性合金的形状不同之外,实质上在相同条件下进行了制作。实施例78和比较例10相比,除了热压处理的有无不同之外,实质上在相同条件下进行了制作。实施例11和比较例7相比,除了热压处理的有无不同之外,实质上在相同条件下进行了制作。能够确认到:如果软磁性合金的组成及软磁性合金的制作条件实质上相同,则无论软磁性合金是薄带形状还是粉末形状,都同样地能够发挥由热压处理产生的效果。

[0162] 表10～表12的比较例145～153是对表10～表12的一部分实施例除了不进行热压处理之外在相同条件下实施的比较例。都是R(Co4)/R(Fe4)过高,{R(Co1)+R(Co3)}/{R(Fe1)+R(Fe3)}过低。而且,Hc变高。而且,与除了进行热压处理之外在相同条件下实施的实施例相比,Bs变低。

[0163] [附图标记说明]

[0164] 1:喷嘴

[0165] 2:熔融金属

[0166] 3:辊

[0167] 4:薄带

[0168] 5:腔室

[0169] 11:软磁性合金

[0170] 13:加压板。

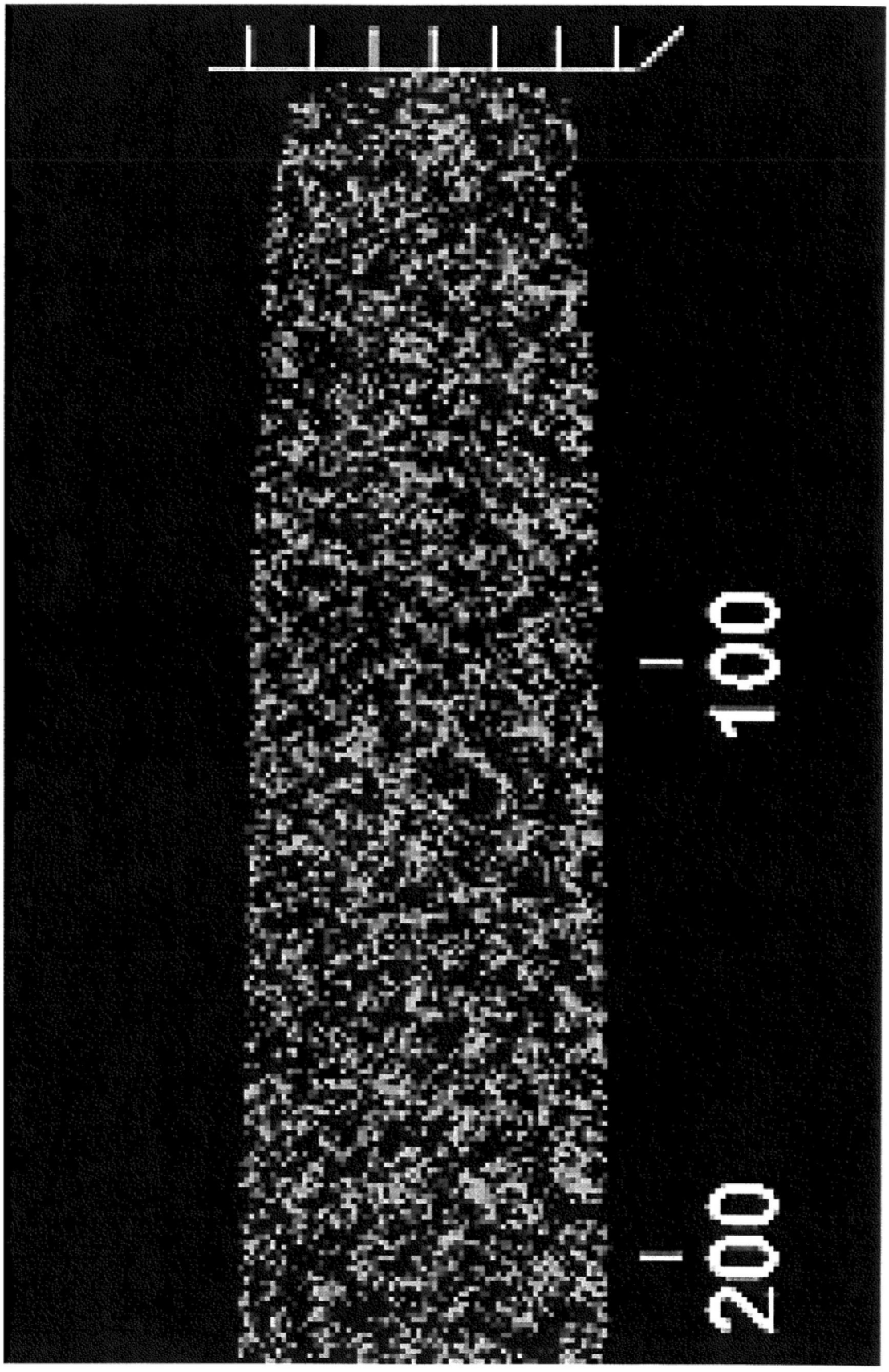


图1

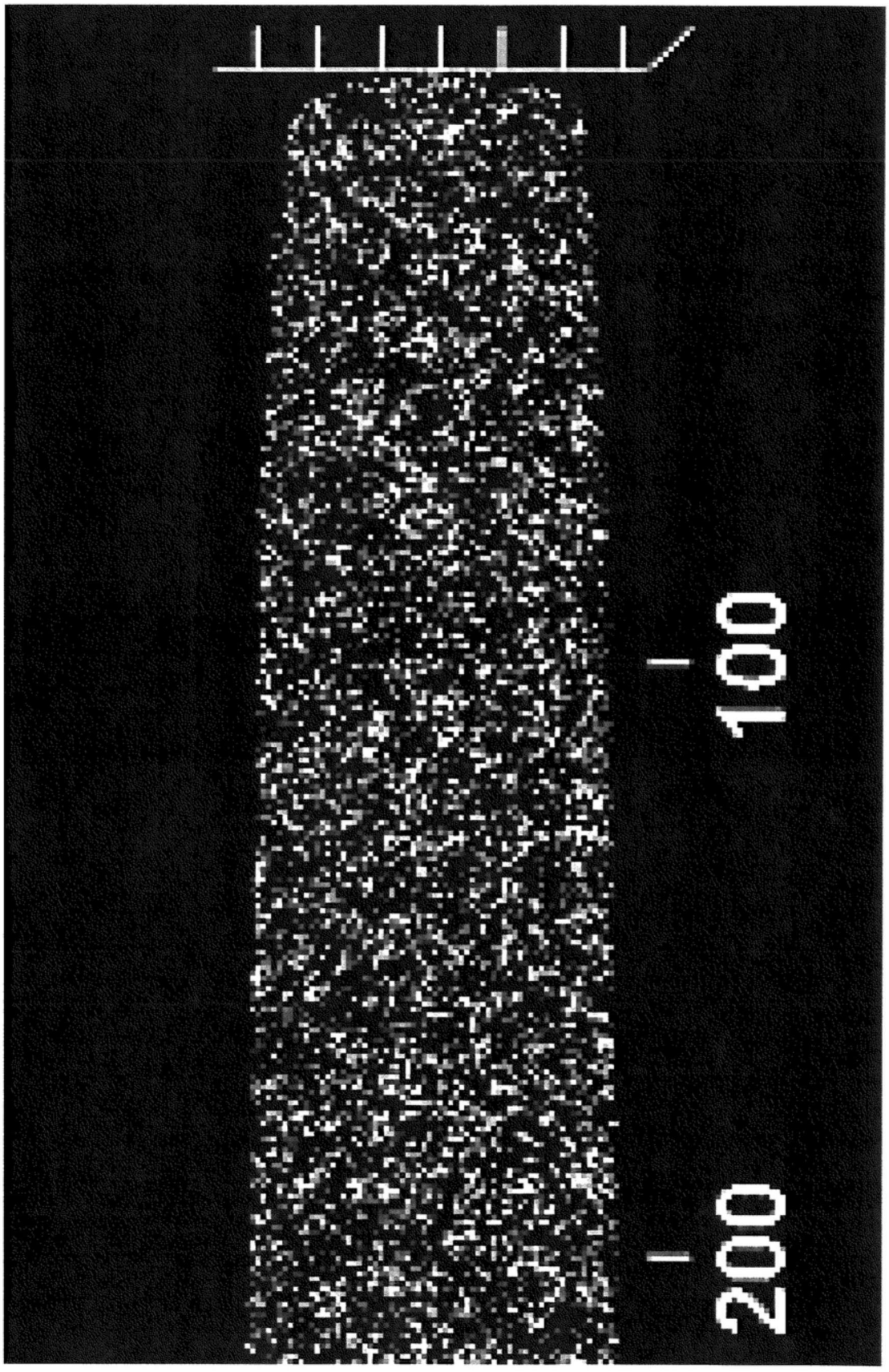


图2

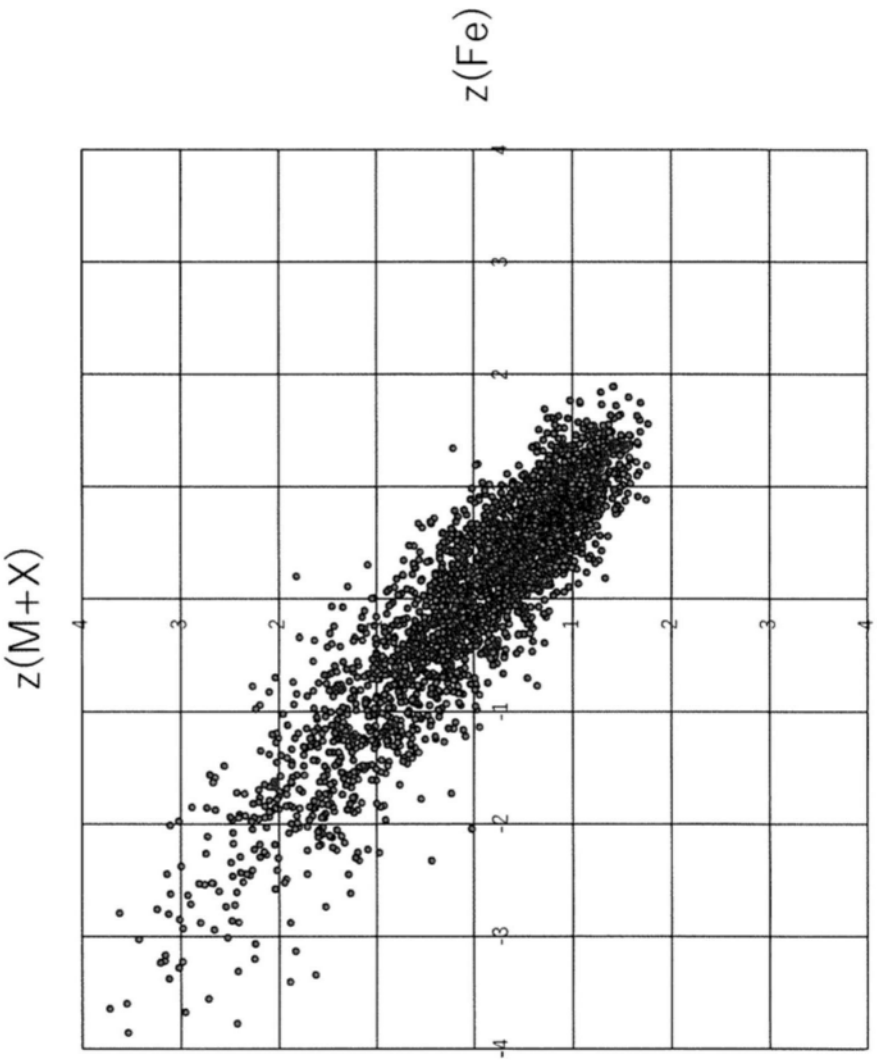


图3

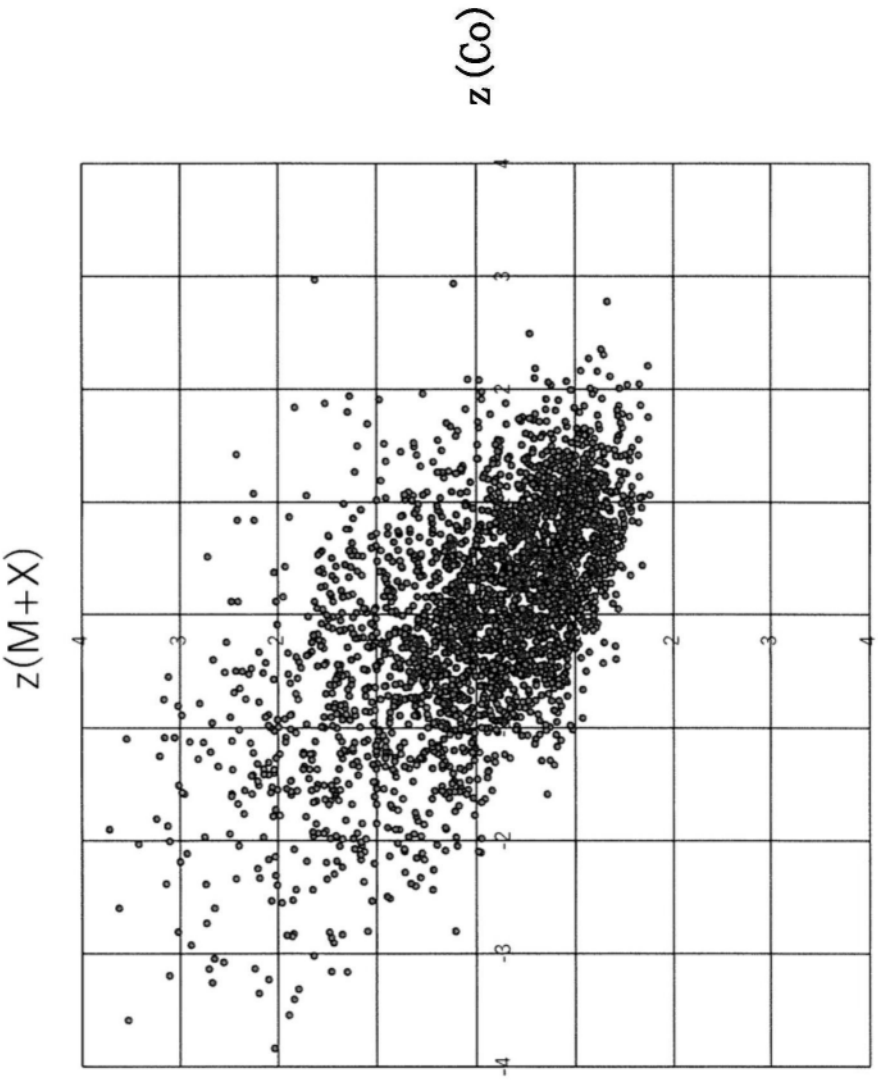


图4

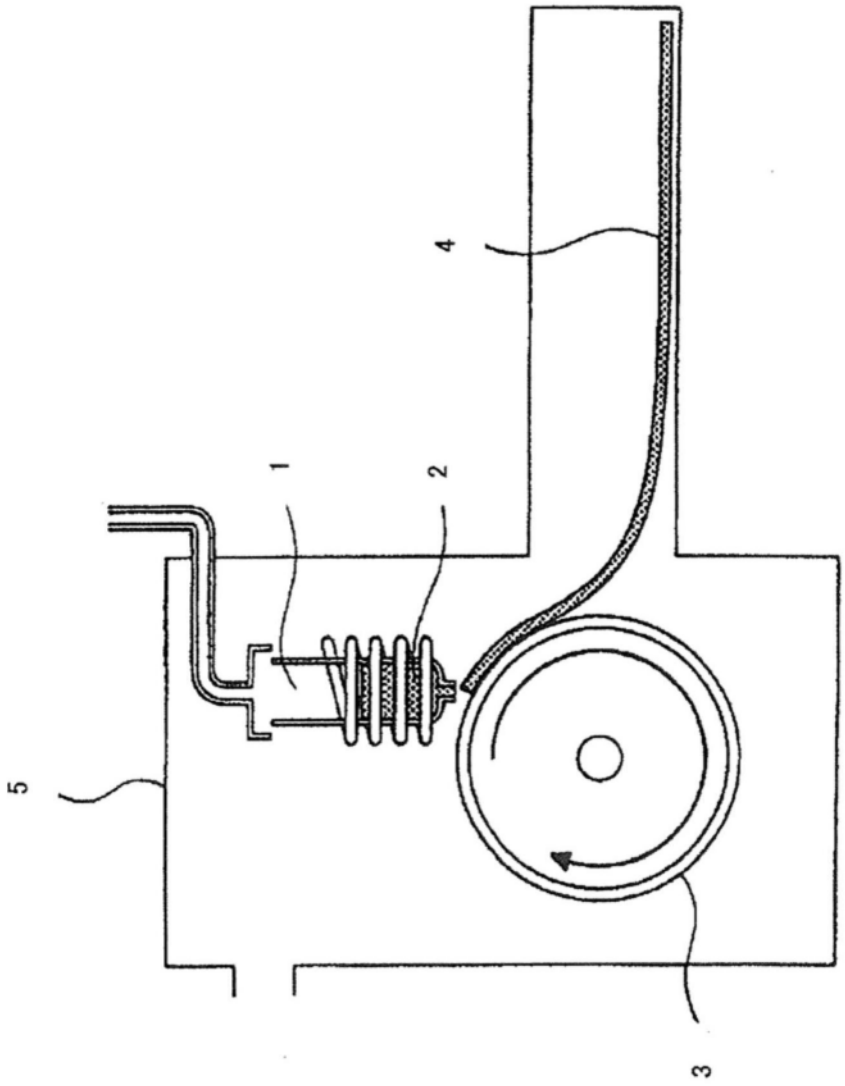


图5

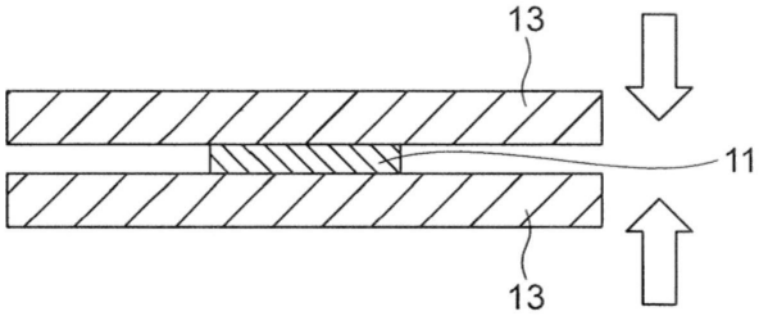


图6