

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810122661.6

[51] Int. Cl.

*H01F 1/147 (2006.01)*

*H01F 1/20 (2006.01)*

*B22F 3/00 (2006.01)*

*C22C 1/02 (2006.01)*

[43] 公开日 2009年2月25日

[11] 公开号 CN 101373653A

[22] 申请日 2008.6.5

[21] 申请号 200810122661.6

[71] 申请人 南京大学

地址 210093 江苏省南京市汉口路 22 号

[72] 发明人 都有为 刘海顺

[74] 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任公司

代理人 汤志武 王鹏翔

权利要求书 1 页 说明书 2 页 附图 2 页

[54] 发明名称

低 Nb 的纳米非晶与微晶软磁材料及制备方法

[57] 摘要

低 Nb 的纳米非晶与微晶软磁材料，其组成是： $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_{3-x}\text{Al}_x$ ， $0.5 \leq X \leq 2.5$  其制备方法是：以纯度大于 99.5% 的纯铁、硅、硼、铌、铝金属按  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_{3-x}\text{Al}_x$  组成进行配比，在真空或氩气氛电弧炉中熔炼 3-5 次，使其组成均匀化，熔炼炉的真空度优于  $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ；熔炼好的铸锭清洁表面后进行破碎，置于真空快淬炉中快淬成非晶条带，快淬炉真空度优于  $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ，线速度大于 40m/s.，制备成的非晶条带置于真空炉中退火，时间 0.5-2 小时，温度：600-850℃使非晶材料转变为纳米材料。

1、低 Nb 的纳米非晶与微晶软磁材料，其特征是材料的组成是： $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_{3-x}\text{Al}_x$ ， $0.5 \leq x \leq 2.5$ 。

2、低 Nb 的纳米非晶与微晶软磁材料的制备方法，其特征是以纯度大于 99.5% 的纯铁、硅、硼、铌、铝金属按  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_{3-x}\text{Al}_x$  组成进行配比，在真空或氩气氛电弧炉中熔炼 3—5 次，使其组成均匀化，熔炼炉的真空度优于  $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ；熔炼好的铸锭清洁表面后进行破碎，置于真空快淬炉中快淬成非晶条带，快淬炉真空度优于  $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ，线速度大于 40m/s.，制备成的非晶条带置于真空炉中退火，时间 0.5—2 小时，温度：600—850℃使非晶材料转变为纳米材料。

3、根据权利要求 2 所述低 Nb 的纳米非晶与微晶软磁材料的制备方法，其特征是在 Ar 气氛中进行熔炼成合金，熔炼的温度高于组成的熔点温度。

## 低 Nb 的纳米非晶与微晶软磁材料及制备方法

### 一. 技术领域

本发明涉及纳米微晶软磁材料的组成及制备方法,尤其是采用 Al 取代 Nb 的低 Nb (铌) 的纳米非晶与微晶软磁材料。

### 二. 背景技术

1988 年日本 Y.Yoshizawa 等人在 • J. Appl. Phys, 64(1988)6044. 刊物上报道了组成为  $Fe_{73.5}Si_{13.5}B_9Cu_1Nb_3$  的纳米微晶软磁材料具有优良的软磁特性,并命名为“Finemet”.它具有高饱和磁化强度与高磁导率,因此很快就成为新型的软磁材料产品。继后,其他牌号的纳米微晶软磁也相继问世,其中常见于文献有下列 2 类:1990 年报道的 NANOPERM【 $Fe_{90}Zr_7B_3$ 】;1998 年报道的 HITPERM 【 $(Fe,Co)_{88}M_7B_4Cu_1$ ,  $M=Zr,Nb,Hf,Ta$ 】。虽然纳米微晶软磁材料性能很好,饱和磁化强度与磁导率均远高于铁氧体软磁,但由于成本和价格远远高于铁氧体,至今产量远低于软磁铁氧体。因此如 NANOPERM 与 HITPERM 牌号的产品如果具备成本价格优势,在应用上则具有很大的意义。

### 三. 发明内容

本发明目的是:提出一种低 Nb (铌) 的纳米非晶与微晶软磁材料及制备方法,降低 NANOPERM 等含铌纳米微晶软磁材料成本和价格;尤其是廉价的 Al 取代高价的 Nb,提高性价比,拓宽这类高性能材料的应用范围。

本发明的技术方案是:低 Nb (铌) 的纳米非晶与微晶软磁材料,其特征是材料的组成是: $Fe_{73.5}Si_{13.5}B_9Cu_1Nb_{3-x}Al_x$ ,  $0.5 \leq x \leq 2.5$ 。

低 Nb (铌) 的纳米非晶与微晶软磁材料的制备方法是:纯度大于 99.5% 的纯铁、硅、硼、铌、铝金属按  $Fe_{73.5}Si_{13.5}B_9Cu_1Nb_{3-x}Al_x$  组成进行配比,在真空或氩气氛电弧炉中熔炼 3—5 次,使其组成均匀化,熔炼炉的真空度优于  $3 \times 10^{-3}Pa$ 。熔炼好的铸锭清洁表面后进行破碎,置于真空快淬炉中快淬成非晶条带,快淬炉真空度优于  $3 \times 10^{-3}Pa$ ,线速度大于 40m/s.,制备成的非晶条带置于真空炉中退火,时间 0.5—2 小时,温度:600—850℃使非晶材料转变为纳米材料。

本发明的有益效果是:这是一种低 Nb (铌) 的纳米非晶与微晶软磁材料及制备方法,降低了铁铌纳米微晶软磁材料成本和价格;提高了这类软磁材料的性价比,可以拓宽这类高性能材料的应用范围。

### 四、附图说明

图 1 是不同 Al 取代 Nb 量 x 样品磁谱(磁导率与频率的关系)的对比。图 1 中:A0-代表  $x=0$ ,无取代,为作对比的 Finemet 的组成,A5 代表  $x=0.5$ ;A15 代表  $x=1.5$ ,余类推,均指原子比。图 1 中 1a 为磁导率实部  $\mu'$  与频率的关系曲线,图 1 中 1b 为磁

导率虚部  $\mu''$  与频率的关系曲线。由图显见, A5 的试样磁导率高于 A0 样品。并推广应用适用于其他纳米微晶材料。

图 2 为 A5 样品在不同的测量交变磁场下的磁谱, 图 2 中表明的数值为交变磁场的强度。图 2 中 2a 为磁导率实部  $\mu'$  与频率的关系曲线, 图 2 中 2b 为磁导率虚部  $\mu''$  与频率的关系曲线

图 3 为不同取代量样品的晶粒尺寸以及矫顽力与取代量的关系曲线。

## 五、具体实施方式

本发明主要在牌号为 Finemet 的组成基础上, 用 Al 取代 Nb 组成改变为:  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_{3-x}\text{Al}_x$ ,  $0.5 \leq x \leq 2.5$  研究不同的取代量对磁性的影响。

样品的制备如下: 采用纯度大于 99.5% 的金属作原材料, 按分子式进行称重配方, 在 Ar 气氛中进行真空熔炼成合金, 熔炼的温度高于组成的熔点温度, 然后将合金块在充 Ar 气的快淬炉中快淬成非晶薄带, 将非晶薄带绕成圆环状, 置于真空炉中退火, 温度 600—850°C, 时间 0.5—2 小时, 使非晶材料转变为纳米材料, 对不同配比的试样进行磁性测量, 部分结果如图 1—3 所示。

具体实施例:

1. 纯度大于 99.5% 的纯铁、硅、硼、铌、铝金属按  $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_{3-x}\text{Al}_x$  组成进行配比, 其中  $x=0, 0.5, 1.5, 2.0, 3.0$ , 在真空电弧炉中反复熔炼 3—5 次, 使其组成均匀化, 熔炼炉的真空度优于  $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。
2. 熔炼好的铸锭清洁表面后进行破碎, 置于真空快淬炉中快淬成非晶条带, 快淬炉真空度优于  $3 \times 10^{-3}\text{Pa}$ 。线速度大于 40m/s。
3. 制备成的非晶条带绕成圆环状, 置于真空炉中退火, 时间 0.5—2 小时, 温度: 600—850°C 使非晶材料转变为纳米材料, 取出试样后, 进行磁性测量, 研究不同铝 (Al) 取代铌 (Nb) 对复量磁导率 ( $\mu = \mu' - j\mu''$ ) 的影响与磁性的变化。

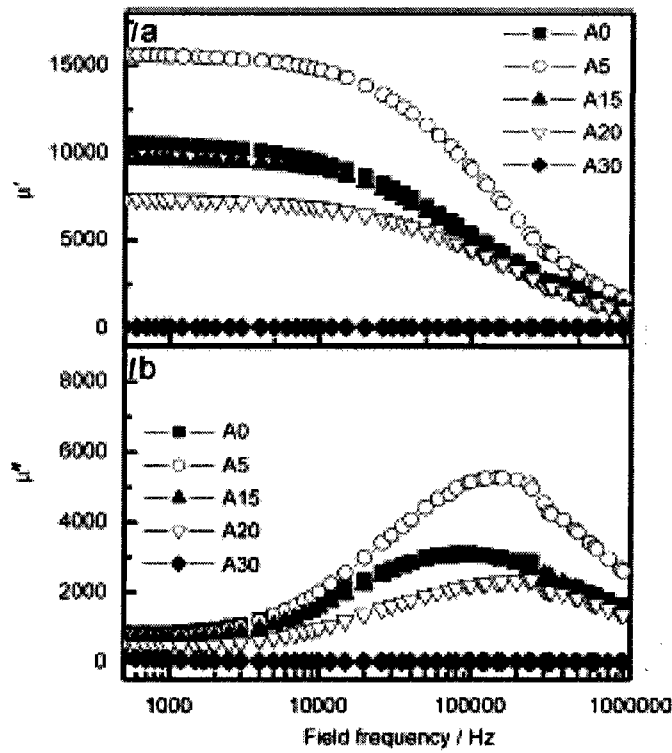


图 1

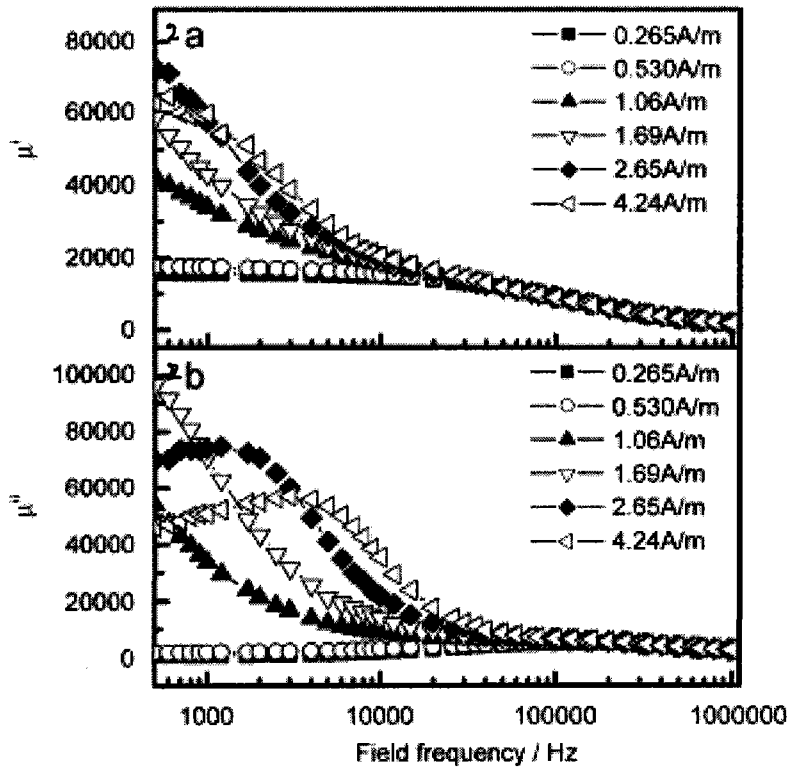


图 2

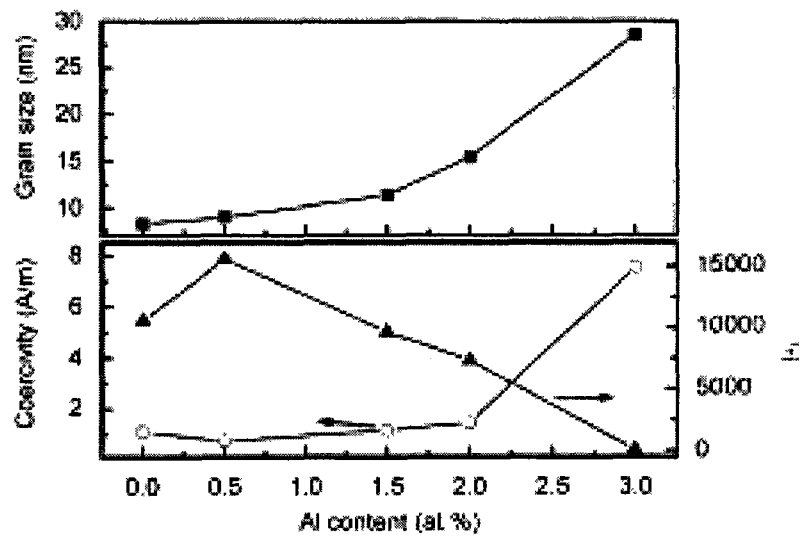


图 3