



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00808828.4

[43] 授权公告日 2003 年 8 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 1117173C

[22] 申请日 2000.4.12 [21] 申请号 00808828.4

[30] 优先权

[32] 1999.4.12 [33] US [31] 09/290642

[86] 国际申请 PCT/US00/09736 2000.4.12

[87] 国际公布 WO00/61830 英 2000.10.19

[85] 进入国家阶段日期 2001.12.11

[71] 专利权人 联合讯号公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 R·J·马蒂斯 H·H·利伯曼

R·哈塞加瓦

审查员 王怀东

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

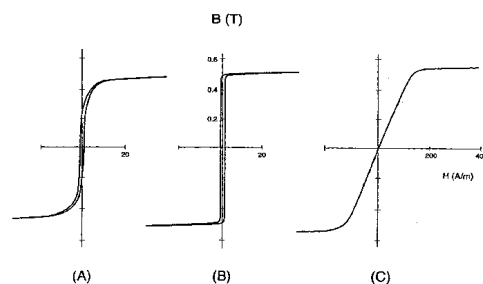
代理人 卢新华 罗才希

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 1 页

[54] 发明名称 应用于高频的磁性玻璃状合金

[57] 摘要

一种玻璃状的金属合金,基本上由通式 $\text{Co}_a\text{Ni}_b\text{Fe}_c\text{M}_d\text{B}_e\text{Si}_f\text{C}_g$ 组成的,其中 M 是至少一种选自 Cr、Mo、Mn 和 Nb 的元素,“a-g”为原子%,“a-g”的总合等于 100,“a”为约 25 至约 60,“b”为约 5 至约 45,“c”为约 6 至约 12,“d”为约 0 至约 3,“e”为约 5-25,“f”为约 0 至约 15,“g”为约 0-6,所述合金的饱和磁致伸缩值为 -3ppm 至 +3ppm。这种合金可通过迅速固化的方法,从熔融体浇注成带状、片状、或丝状。在其铸态条件下,这些合金具有圆形、矩形、或切变的 B-H 磁滞性能。该合金还在有磁场或没有磁场的情况下,在温度低于所述合金的第一结晶温度下退火,具有圆形、或矩形、或切变的、或线性的 B-H 磁滞回线。这种合金适合特别在高频下的磁性应用。



1. 一种至少 70% 是玻璃状的磁性合金，其通式为 $\text{Co}_a\text{Ni}_b\text{Fe}_c\text{M}_d\text{B}_e\text{Si}_f\text{C}_g$ ，式中 M 是至少一种选自 Cr、Mo、Mn 和 Nb 的元素，“a-g”为原子%， “a-g”的总合等于 100，“a”为 25 至 60，“b”为 5 至 45，“c”为 6 至 12，“d”为 0 至 3，“e”为 5-25，“f”为 2 至 15，“g”为 0-6，所述的合金饱和磁致伸缩为 -3 ppm 至 +3 ppm，所述合金已经在低于所述合金第一结晶温度下退火，所述合金具有矩形的直流 B-H 磁滞回线，其 B-H 矩形比超过 75%，并且所述合金具有超过 0.52 特斯拉的铸态饱和电感。
2. 权利要求 1 的磁性合金，饱和磁致伸缩为 $-2 \times 10^{-6} - +2 \times 10^{-6}$ 。
3. 权利要求 1 的磁性合金，具有选自下列组成的成分：

$\text{Co}_{45}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{43}\text{Ni}_{27}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{43}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{16}\text{Si}_2\text{C}_2$,
 $\text{Co}_{43}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{15}\text{Si}_2\text{C}_3$, $\text{Co}_{41}\text{Ni}_{29}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{10}\text{Si}_{10}$,
 $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_6\text{Si}_{14}$, $\text{Co}_{37}\text{Ni}_{33}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{36}\text{Ni}_{35}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{36}\text{Ni}_{36}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{10}\text{Si}_{10}$, $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{11}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{35}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{11}\text{B}_{16}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{34.5}\text{Ni}_{33}\text{Fe}_{7.5}\text{Mo}_1\text{B}_{16}\text{Si}_8$, $\text{Co}_{32.5}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$,

$\text{Co}_{32.5}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{32.5}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_6\text{Si}_{14}$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_9\text{B}_{17}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_7\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_4$,
 $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_7\text{B}_{19}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{17}\text{Si}_4$,
 $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{17}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{17}\text{Si}_2\text{C}_1$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{16}\text{Si}_2\text{C}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{15}\text{Si}_2\text{C}_3$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{15}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{13}\text{Si}_2\text{C}_5$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_2\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_2\text{B}_{13}\text{Si}_2\text{C}_5$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{15}\text{Si}_2\text{C}_3$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{14}\text{Si}_2\text{C}_4$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{13}\text{Si}_2\text{C}_5$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{16}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{14}\text{Si}_4\text{C}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{12}\text{Si}_4\text{C}_4$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{10}\text{B}_{22}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2\text{C}_4$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{16}\text{Si}_4$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_{2.5}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_3$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{17}\text{Si}_{2.3}\text{C}_{1.7}$, $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{43}\text{Fe}_7\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{43}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{45}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_2$, and $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_4$.

4. 权利要求1的磁性合金,具有矩形的交流B-H磁滞回线,在5 kHz下B-H矩形比超过80%。

5. 一种应用在饱和直流电感器中的磁芯,直流电感器中的所述磁芯具有一种包括权利要求1的合金的磁性元件。

6. 一种应用在饱和交流电感器中的磁芯,交流电感器中的所述磁芯具有一种包括权利要求4的合金的磁性元件。

7. 一种应用在磁性传感器件中的磁芯,磁性传感器件中的所述磁芯具有一种包括权利要求4的合金的磁性元件。

10 8. 权利要求1的磁性合金,具有矩形的直流B-H磁滞回线,其直流B-H矩形比超过85%。

9. 权利要求8的磁性合金,具有小于4 A/m的直流矫顽力。

10. 权利要求4的磁性合金,具有矩形的交流B-H磁滞回线,在5KHz下的B-H矩形比超过85%。

15 11. 权利要求10的磁性合金,其在50 KHz下测量的磁芯损失小于400 W/Kg。

应用于高频的磁性玻璃状合金

发明领域

- 5 本发明涉及应用于高频的金属玻璃状合金，以及用其制造的磁性元件。

发明背景

- 在 1974 年 12 月 24 日颁发给 H.S.Chen 等人的美国专利 3,856,513 (513 专利) 中，公开了磁性玻璃合金（无定形的金属合金或金属玻璃）。这些合金包括具有通式 $M_aY_bZ_c$ 的组成，式中 M 是选自铁、镍、钴、钒和铬的金属，Y 是选自磷、硼和碳的元素，Z 是选自铝、硅、锡、锗、铟、铋和铍的元素，“a”为约 60-90 原子%，“b”为约 10-30 原子%，“c”为约 0.1-15 原子%。该专利还公开具有通式 T_iX_j 的金属玻璃导线，式中 T 为至少一种过渡金属，X 为选自磷、硼、碳、铝、硅、锡、锗、铟、铋和铍的元素，“i”为约 70-87 原子%，“j”为约 13-30 原子%。这些材料一般是采用现有技术中众所周知的处理技术，从熔融体迅速淬冷制备的。
- 10
- 15

- 金属玻璃合金基本上没有任何长范围的原子序，其特征是 X-射线衍射图由最大扩散（宽）强度组成，在定性上与对液体或无机氧化物玻璃测定的衍射图相似。然而，在加热到足够高的温度时，它们开始结晶并释放出结晶热；因而 X-射线衍射图开始相应地从测定无定形材料的衍射图，转变成测定结晶材料的衍射图。因此玻璃状的金属合金处在亚稳状态。该合金的亚稳状态比结晶形式的合金具有明显的优点，特别是合金的机械性质和磁性质。
- 20

- 25 在'513 专利中已经公开金属玻璃在磁性用途中的应用。然而，为了获得现代电子技术中所需的磁性元件，需要磁性质的某种结合。例如在 1994 年 2 月 8 日颁发给 Hasegawa 等人的美国专利 5,284,528 中，就阐述了这种需要。影响电器装置或电子器件中所用磁性元件性能的重要磁性之一被称作磁性各向异性。磁性材料在磁性上一般是各向异性的，磁性各向异性的来源，因材料而异。在结晶的磁性材料中，结晶轴之一可与磁性各向异性的方向一致，而就磁化更可取的方向而言，这种磁性各向异性的方向是更容易的磁化方向。由于在金属玻璃
- 30

合金中没有明确的结晶轴，在这些材料中，能显著降低磁性的各向异性。这是金属玻璃合金倾向是软磁的原因之一，这使它们在许多磁性应用中是有效的。另一种重要的磁性质称作磁致伸缩，将磁致伸缩定义为当材料从去磁状态磁化时，磁性材料实际尺寸的相对变化。因此

5 磁性材料的磁致伸缩是所施加磁场的函数。从实用观点看，时常采用术语“饱和磁致伸缩”（ λ_s ）。将 λ_s 值定义为当沿其长度方向从去磁状态磁化到磁饱和状态时，磁性材料发生的相对长度变化。因此，磁致伸缩值是无量纲值，通常以微应变单位表示（即长度的相对变化，通常为百万分之几或 ppm）。

10 需要磁致伸缩低的磁性合金是由于下列原因：

1. 以低矫顽力、高磁导率等为特征的软磁特性通常在材料的饱和磁致伸缩和磁性各向异性变小时获得。这一类合金适合于各种软磁性应用，特别是在高频情况下。

2. 当磁致伸缩低时，优选为零，这类磁致伸缩接近零的材料的

15 磁性对机械应变不灵敏。在这种情况下，在为由这种材料制成器件所需要的弯曲、穿孔或其它物理处理之后，几乎不需要以退火来消除应力。与此不同，即使很小的弹性应力，也能显著降低对应力灵敏的材料磁性。在最后的成型步骤之后，必须小心地使这类材料退火。

3. 当磁致伸缩接近零时，在交流电激励下的磁性材料，由于

20 矫顽力低，所以磁损耗小，并由于通过磁致伸缩降低磁力学耦合减少了能量损耗。这种磁致伸缩接近零的材料的磁芯损耗可以相当低。因此，在需要低磁损耗和高磁导率时，磁致伸缩接近零的磁性材料是有效的。这一类应用包括各种带绕和层压的磁性部件如电源变压器、饱和电抗器、线性电抗器、界面变换器、信号变换器、记录磁头等。包

25 含磁致伸缩接近零的材料的电磁器件，在交流电激励下，几乎不产生噪音。虽然这是降低上述磁芯损耗的原因，但也是其本身需要的特性，因为在许多电磁器件中，它能显著降低固有的可闻交流声。

有三种众所周知的磁致收缩为零或接近零的结晶态合金：镍-铁合金，其包含约 80 原子%的镍（例如“80 镍坡莫合金”）；钴-铁合金，

30 其包含约 90 原子%的钴；和铁-硅合金，其包含约 6.5 重量%的硅。这些合金中，坡莫合金比其它合金应用得更加广泛，因为它们能经设计以达到零磁致伸缩和低的磁性各向异性的要求。然而，这些合金对机

械震动灵敏，这限制了它们的应用。由于钴-铁合金具有很强的负磁晶各向异性，所以它们不能提供优良的软磁性质。虽然近来在生产包含 6.5%硅的铁基结晶态合金方面已经做出一些改进[应用物理(Appl. Phys.) 64 卷, 5367 页 (1988)]，但这些合金作为技术上有竞争力的材料而被广泛采用还有待观察。

如上所述，由于在金属玻璃合金中不存在晶体结构，所以能有效地消除磁性晶体的各向异性。因此，需要寻求磁致伸缩为零的玻璃态金属。人们认为，上述导致晶体合金中磁致伸缩为零或接近零的化学组成，为这种努力提供了一些线索。然而，结果是令人失望的。迄今为止，只含少量铁的高 Co 和 Co-Ni 基合金在玻璃状态下磁致伸缩为零或接近零。已报道的这些合金的实例是 $\text{Co}_{72}\text{Fe}_3\text{P}_{16}\text{B}_6\text{Al}_3$ (AIP 会议论文集, 24 册 745-746 (1975)) 和 $\text{Co}_{31.2}\text{Fe}_{7.8}\text{Ni}_{39.0}\text{B}_{14}\text{Si}_8$ (第三届快速淬火金属国际会议论文集, 183 页 (1979))。磁致伸缩接近零的高钴金属玻璃合金，可以以商品名 METGLAS® 合金 2705M 和 2714A (AlliedSignal 有限责任公司) 以及 VITROVAC® 6025 和 6030 (Vacuurnschmelze 股份有限公司) 在市场上买到。这些合金已经应用在高频下使用的各种磁性部件中。对防窃标识的应用 (美国专利, 5,037,494)，在市场上只能买到一种基于 Co-Ni 基的金属玻璃合金 (VITROVAC 6006)。显然需要新型的基于 Co 和 Ni 的磁性金属玻璃合金，这些合金在磁性上将比现有的合金的通用性更强。

发明概述

按照本发明，提供一种至少 70%玻璃态的、并有低磁致伸缩的磁性合金。该金属玻璃合金的组成为 $\text{Co}_a\text{Ni}_b\text{Fe}_c\text{M}_d\text{B}_e\text{Si}_f\text{C}_g$ ，式中 M 是至少一种选自 Cr、Mo、Mn 和 Nb 的元素，“a-g”为原子%， “a-g”的总合等于 100，“a”为约 25 至约 60，“b”为约 5 至约 45，“c”为约 6 至约 12，“d”为约 0 至约 3，“e”为约 5-25，“f”为约 0 至约 15，“g”为约 0-6。金属玻璃合金的饱和磁致伸缩值为约 -3 至 +3 ppm。通过迅速固化的方法，将金属玻璃合金从熔融体浇注成带状、或片状、或丝状，经过绕制或叠合制成磁性部件。根据需要，在有磁场或没有磁场的情况下，将磁性部件在其结晶温度以下进行热处理（退火）。所获得的磁芯或磁性部件是 B-H 特性为矩形至线性类型的电感器。

按照本发明的方法热处理的金属玻璃合金特别适合于在高频下工作的器件中，例如饱和电抗器、线性电抗器、电源变压器、和信号变换器等。

5 本发明的金属玻璃合金，在电子监测系统中用作磁性标识也是有效的。

附图简述

参考下面对本发明的详细说明和附图，能更加充分地理解本发明，并能明显地看出本发明的其它优点，附图是表示本发明的合金 B-H 特性的曲线，该合金已在不施加磁场 (A)、在沿磁芯的圆周方向施加磁场 (B)、和对带状磁芯沿轴线方向施加磁场 (C) 的情况下退火。

发明详述

饱和磁致伸缩低的金属玻璃合金，具有许多在高频下应用的可能性。此外，如果该合金不贵，其在技术上的用途将会增加。本发明的金属玻璃合金具有以下组成： $\text{Co}_a\text{Ni}_b\text{Fe}_c\text{M}_d\text{B}_e\text{Si}_f\text{C}_g$ ，式中 M 是至少一种选自 Cr、Mo、Mn 和 Nb 的金属，“a-g”为原子%，“a-g”的总合等于 100，“a”为约 25 至约 60，“b”为约 5 至约 45，“c”为约 6 至约 12，“d”为约 0 至约 3，“e”为约 5-25，“f”为约 0 至约 15，“g”为约 0-6。金属玻璃合金的饱和磁致伸缩值为约 -3 至 +3 ppm。上述成分的纯度，是按照通常的商业惯例能够获得的。采用在别处很容易获得的技术来制备金属玻璃合金是很方便的；参见例如在 1974 年 11 月 5 日颁发的美国专利 3,845,805 和在 1974 年 12 月 24 日颁发的美国专利 3,856,513。通常连续带状、丝状等的金属玻璃合金是在至少约 10^5 K/s 的速率下由具有所需组成的熔融体淬火。硼、硅和碳的总合为总合金组成的约 20 原子%是与合金的玻璃生成能力相容。然而，优选 M 的含量，即数值“d”在“e + f + g”的总合超过 20 原子%时，其值超过约 2 原子%不多。本发明的金属玻璃合金基本上是玻璃状的，也就是说，根据 X-射线衍射法、发射电子显微镜、和/或示差扫描量热法分析，至少 70% 是玻璃状的，优选至少约 95%，最优选 100%。

30 按照本发明制备的典型的金属玻璃合金，列于表 I，表中示出铸态合金的性质，例如饱和电感 (B_s)，饱和磁致伸缩 (λ_s)，和第一结晶温度 (T_{x1})。

合金	组成 (原子%)	B_s (T)	λ_s (ppm)	T_{x1} (°C)
1	Co ₅₅ Ni ₁₀ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₂₀ Si ₃	0.79	2.1	430
2	Co ₄₅ Ni ₂₅ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂	0.87	0.3	431
3	Co ₄₃ Ni ₂₇ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂	0.80	0.4	428
4	Co ₄₃ Ni ₂₅ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₆ Si ₂ C ₂	0.75	0.9	436
5	Co ₄₃ Ni ₂₅ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₅ Si ₂ C ₃	0.73	1.4	429
6	Co ₄₁ Ni ₂₉ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂	0.82	0.3	425
7	Co _{37.5} Ni _{32.5} Fe ₉ Mo ₁ B ₁₈ Si ₂	0.62	0.6	427
8	Co _{37.5} Ni _{32.5} Fe ₉ Mo ₁ B ₁₄ Si ₆	0.64	-1.4	414
9	Co _{37.5} Ni _{32.5} Fe ₉ Mo ₁ B ₁₀ Si ₁₀	0.59	-0.7	416
10	Co _{37.5} Ni _{32.5} Fe ₉ Mo ₁ B ₆ Si ₁₄	0.64	-1.2	407
11	Co ₃₇ Ni ₃₁ Fe ₁₂ B ₁₈ Si ₂	0.85	2.1	430
12	Co ₃₇ Ni ₃₃ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂	0.78	0.4	421
13	Co ₃₆ Ni ₃₂ Fe ₁₂ B ₁₈ Si ₂	0.81	2.3	430
14	Co ₃₆ Ni ₃₅ Fe ₈ Mo ₁ B ₁₈ Si ₂	0.65	-1.4	402
15	Co ₃₆ Ni ₃₅ Fe ₈ Mo ₁ B ₁₀ Si ₁₀	0.62	-0.2	399
16	Co ₃₆ Ni ₃₅ Fe ₈ Mo ₁ B ₆ Si ₁₄	0.56	2.3	388
17	Co _{35.4} Ni _{33.9} Fe _{7.7} Mo ₁ B ₁₅ Si ₇	0.57	-0.3	460
18	Co _{35.2} Ni ₃₃ Fe _{7.8} B ₁₆ Si ₈	0.51	-0.3	481
19	Co ₃₅ Ni ₃₃ Fe ₁₂ B ₁₈ Si ₂	0.81	1.9	429
20	Co ₃₅ Ni ₃₄ Fe ₁₁ B ₁₈ Si ₂	0.75	1.2	423
21	Co ₃₅ Ni ₃₅ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂	0.71	0.6	415
22	Co ₃₅ Ni ₃₄ Fe ₁₁ B ₁₆ Si ₄	0.73	1.8	424
23	Co _{34.5} Ni ₃₃ Fe _{7.5} Mo ₁ B ₁₆ Si ₈	0.51	-1.0	484
24	Co _{32.5} Ni _{37.5} Fe ₉ Mo ₁ B ₁₈ Si ₂	0.62	0.6	405
25	Co _{32.5} Ni _{37.5} Fe ₈ Mo ₁ B ₁₄ Si ₆	0.62	1.4	407
26	Co _{32.5} Ni _{37.5} Fe ₉ Mo ₁ B ₁₆ Si ₄	0.52	1.4	391
27	Co ₃₁ Ni ₄₃ Fe ₇ B ₁₇ Si ₂	0.63	-0.9	367
28	Co ₃₁ Ni ₄₁ Fe ₉ B ₁₇ Si ₂	0.70	-1.5	363
29	Co ₃₁ Ni ₄₁ Fe ₇ B ₁₉ Si ₂	0.56	-0.5	412
30	Co ₃₁ Ni ₄₁ Fe ₇ B ₁₇ Si ₄	0.50	-0.3	434
31	Co ₃₁ Ni ₃₉ Fe ₇ B ₁₉ Si ₄	0.50	0.1	477
32	Co ₃₁ Ni ₃₉ Fe ₉ B ₁₉ Si ₂	0.65	0.1	412
33	Co ₃₁ Ni ₃₉ Fe ₉ B ₁₇ Si ₄	0.60	-0.8	433
34	Co ₃₁ Ni ₃₇ Fe ₉ B ₁₉ Si ₄	0.57	0.6	478
35	Co ₃₁ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₇ Si ₂	0.60	0.6	427
36	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₈ Si ₂	0.54	0.8	446
37	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₄ Si ₆	0.57	1.5	433
38	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₇ Si ₂ C ₁	0.53	0.6	440

39	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₆ Si ₂ C ₂	0.57	0.6	433
40	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₅ Si ₂ C ₃	0.54	0.4	427
41	Co ₃₀ Ni ₄₁ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₅ Si ₂	0.65	0.7	398
42	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ Mo ₂ B ₁₃ Si ₂ C ₅	0.56	0.8	409
43	Co ₃₀ Ni _{37.5} Fe ₁₀ Mo _{2.5} B ₁₈ Si ₂	0.56	-1.0	433
44	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₉ Mo ₁ B ₁₈ Si ₂	0.65	-1.2	405
45	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₉ Mo ₁ B ₁₄ Si ₆	0.58	0.5	411
46	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₉ Mo ₁ B ₁₆ Si ₄	0.60	-0.3	411
47	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₈ Mo _{0.1} B ₁₈ Si ₃	0.55	0.7	416
48	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₈ Mo ₁ B ₁₇ Si _{2.3} C _{1.7}	0.58	-0.3	394
49	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₈ Mo ₂ B ₁₈ Si ₂	0.52	0.5	504
50	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₈ Mo ₂ B ₁₃ Si ₂ C ₅	0.51	0.3	409
51	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂	0.69	0.2	416
52	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₆ Si ₂ C ₂	0.66	0.5	406
53	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₅ Si ₂ C ₃	0.68	0.3	401
54	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₄ Si ₂ C ₄	0.69	-0.6	393
55	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₃ Si ₂ C ₅	0.68	-1.1	389
56	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₆ Si ₄	0.66	0.8	417
57	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₄ Si ₄ C ₂	0.66	0.8	407
58	Co ₃₀ Ni ₄₀ Fe ₁₀ B ₁₂ Si ₄ C ₄	0.64	0.7	394
59	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ B ₂₀ Si ₂	0.66	1.0	466
60	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂ C ₂	0.62	1.1	481
61	Co ₃₀ Ni ₃₈ Fe ₁₀ B ₁₆ Si ₂ C ₄	0.61	0.6	439
62	Co ₃₀ Ni ₃₄ Fe ₁₀ B ₂₂ Si ₂	0.58	1.0	490
63	Co ₃₀ Ni ₃₄ Fe ₁₀ B ₁₈ Si ₂ C ₄	0.58	1.0	479
64	Co ₂₉ Ni ₄₅ Fe ₇ B ₁₇ Si ₂	0.63	1.4	342
65	Co ₂₉ Ni ₄₃ Fe ₇ B ₁₉ Si ₂	0.55	0.5	396
66	Co ₂₉ Ni ₄₃ Fe ₇ B ₁₇ Si ₄	0.53	0.2	403
67	Co ₂₉ Ni ₄₁ Fe ₉ B ₁₉ Si ₂	0.58	-0.4	434
68	Co ₂₉ Ni ₃₉ Fe ₉ B ₁₉ Si ₄	0.51	-0.4	482

表 I 列出的所有合金的饱和电感 B_s ，都超过 0.5 特斯拉，饱和磁致伸缩为 -3 ppm 至 +3 ppm。从磁性部件尺寸的观点看，需要有高饱和和电感。饱和电感较高的磁性材料的部件的尺寸较小。在目前采用的许多电子器件中，认为饱和电感超过 0.5 特斯拉 (T) 是足够高的。虽然本发明的合金的饱和磁致伸缩为 -3 ppm 至 +3 ppm，更优选 -2 ppm 至 +2 ppm，最优选接近零值。因此，本发明更优选的合金的实例包括：

$\text{Co}_{45}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{43}\text{Ni}_{27}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{43}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{16}\text{Si}_2\text{C}_2$,
 $\text{Co}_{43}\text{Ni}_{25}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{15}\text{Si}_2\text{C}_3$, $\text{Co}_{41}\text{Ni}_{29}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{10}\text{Si}_{10}$, $\text{Co}_{37.5}\text{Ni}_{32.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_6\text{Si}_{14}$,
 $\text{Co}_{37}\text{Ni}_{33}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{36}\text{Ni}_{35}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{36}\text{Ni}_{36}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{10}\text{Si}_{10}$,
 $\text{Co}_{35.4}\text{Ni}_{33.9}\text{Fe}_{7.7}\text{Mo}_1\text{B}_{15}\text{Si}_7$, $\text{Co}_{35.2}\text{Ni}_{33}\text{Fe}_{7.8}\text{B}_{16}\text{Si}_8$, $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{33}\text{Fe}_{12}\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{11}\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{35}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{35}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{11}\text{B}_{16}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{34.5}\text{Ni}_{33}\text{Fe}_{7.5}\text{Mo}_1\text{B}_{16}\text{Si}_8$,
 $\text{Co}_{32.5}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{32.5}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{32.5}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_6\text{Si}_{14}$,
 $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_9\text{B}_{17}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_7\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_4$,
 $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_7\text{B}_{19}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{17}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{31}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{17}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{17}\text{Si}_2\text{C}_1$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{16}\text{Si}_2\text{C}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{15}\text{Si}_2\text{C}_3$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{15}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_2\text{B}_{13}\text{Si}_2\text{C}_5$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_2\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_2\text{B}_{13}\text{Si}_2\text{C}_5$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{15}\text{Si}_2\text{C}_3$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{14}\text{Si}_2\text{C}_4$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{13}\text{Si}_2\text{C}_5$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{16}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{14}\text{Si}_4\text{C}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{12}\text{Si}_4\text{C}_4$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_{10}\text{B}_{20}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2\text{C}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{38}\text{Fe}_{10}\text{B}_{16}\text{Si}_2\text{C}_4$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{10}\text{B}_{22}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{34}\text{Fe}_{10}\text{B}_{18}\text{Si}_2\text{C}_4$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{14}\text{Si}_6$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_9\text{Mo}_1\text{B}_{16}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{37.5}\text{Fe}_{10}\text{Mo}_{2.5}\text{B}_{18}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_{0.1}\text{B}_{18}\text{Si}_3$, $\text{Co}_{30}\text{Ni}_{40}\text{Fe}_8\text{Mo}_1\text{B}_{17}\text{Si}_{2.3}\text{C}_{1.7}$, $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{43}\text{Fe}_7\text{B}_{19}\text{Si}_2$,
 $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{41}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_2$, $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{43}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_4$, $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{45}\text{Fe}_7\text{B}_{17}\text{Si}_2$, 和
 $\text{Co}_{29}\text{Ni}_{39}\text{Fe}_9\text{B}_{19}\text{Si}_4$.

本发明金属玻璃合金的热处理或退火，对改善合金的磁性质有利。退火条件的选择，视预定部件所需的性质而异。例如，如果部件
 5 被用作饱和电抗器，就需要方形的 B-H 回线。那么，退火条件可能要求沿部件工作场的方向施加磁场。当部件为环形时，该退火磁场的方向是沿环形的周边方向。如果该部件用作界面变换器，则需要线性的 B-H 回线，并且退火磁场的方向与环形周边的方向垂直。为了更好地理解这些条件和所获得的性质，图 1 示出本领域技术人员非常熟悉的
 10 典型 B-H 回线。纵坐标轴是以特斯拉 (T) 表示的磁性电感 B，水平轴是以安培/米 (A/m) 表示的施加的磁场 H。图 1a 相应于在没有外界磁场的

条件下, 带绕磁芯热处理或退火的情况。应注意的是, B-H 回线既不是方形的, 也不是线性的。这种性能不适合对饱和磁芯的应用, 但在高频变换器中应用是有效的, 在此项应用中方形是不重要的。在退火过程中, 施加足以使带绕磁芯磁饱和的足够强的磁场时, 获得的 B-H 回线看来象图 1B 所示的回线。这种矩形 (或方形) 的 B-H 回线, 适合于饱和电感器件应用, 其中包括在供给包括个人计算机在内的许多种电子器件的现代开关方式的电源中使用的磁力放大器。当退火过程中施加的磁场与环形卷绕磁芯垂直时, 获得的 B-H 回线呈图 1C 所示的形状。对预定供给界面变换器、信号变换器、线性电感器、和磁性扼流圈等使用的磁性部件, 需要这种切变的 B-H 特性。

在采用本发明的金属玻璃合金时, 对于不同类型的应用, 必须找到特定的退火条件。下面给出这一类的实例。

实施例

1. 试样制备

表 I 中所列的金属玻璃合金, 是在冷却速率为约 10^6 K/s 的条件下, 按照 Chen 等人在美国专利 3,856,513 中讲授的技术, 从熔融体迅速淬火。获得的带一般为 10-30 μm 厚, 0.5-2.5 cm 宽, 采用 X-射线衍射法 (采用 Cu-K α 辐照) 和示差扫描量热法测定, 无明显的结晶性质。带状的金属玻璃合金是高强度、有光泽、坚硬、有延性的。

2. 磁性测量

采用市场上出售的振动试样磁强计 (Princeton Applied Research), 测定每个试样的饱和磁致伸缩 M_s 。在这种情况下, 将带切成几个小的正方形 (约 2 mm $\times$ 2 mm), 将它们放在试样架上, 使它们的平面与施加的磁场平行, 磁场达到最强为约 800 kA/m (或 10 kOe)。然后采用测定的质量密度 D, 计算饱和电感 $B_s (=4\pi M_s D)$ 。

对一片固定在金属应变仪上的带试样 (尺寸约 3 mm $\times$ 10 mm), 测定饱和磁致伸缩。将试样及应变仪放在约 40 kA/m (500 Oe) 的磁场中。当磁场方向从试样长度方向变化到宽度方向时, 由别处 [科学仪表评论 (Rev. Scientific Instrument), 51 卷, 382 页 (1980)] 所述的电阻桥式电路测定应变仪的应变变化。然后由式 $\lambda_s = 2/3$ (二个方向之间的应变差) 确定饱和磁致伸缩。

采用电感方法测定铁磁体的居里温度 θ_f , 还采用主要用于测定结

晶温度的示差扫描量热仪进行监测。有时以一个以上的步骤发生结晶，这取决于化学过程。由于第一结晶温度与本申请的关系更大，所以将本发明金属玻璃合金的第一结晶温度列于表 I。

5 将按照实施例 1 所述的方法制备的金属玻璃合金的连续带，卷在卷轴上（外径 3.8cm），制成磁性闭合的环形试样。每个试样的环形磁芯都包含约 1 至约 30 g 的带，并具有初级和次级铜绕组，将这二个绕组用导线连接到在市场上购买的 B-H 回线显示器上，获得图 1 所示的这种 B-H 磁滞回线。采用在 IEEE 标准 393-1991 中所述的方法，使用相同的磁芯测定磁芯损耗。

10 3. 使用铸态合金的磁性部件

测试按照实施例 2 的方法，采用本发明的铸态合金制造的环形磁芯，所制磁芯的 B-H 回线，呈圆形、或矩形、或剪切状。表 I 的合金 2、3、6、20、21、39、41、49、56、57、61 和 63 的直流矫顽力和直流 B-H 矩形比的结果示于表 II

15 表 II

合金号	直流矫顽力 (A/m)	直流矩形比
2	1.8	0.93
3	3.1	0.88
6	2.4	0.90
20	2.6	0.66
21	2.6	0.86
39	2.2	0.72
41	2.3	0.94
49	0.6	0.88
56	1.5	0.50
57	1.8	0.92
61	3.2	0.51
63	2.7	0.48

低矫顽力和变化的 B-H 矩形比表明，本发明的合金适合各种磁性应用，例如饱和电抗器、线性电抗器、电源变压器、和信号变换器等。

20 4. 具有圆形 B-H 回线的磁性部件

在没有图 1A 所示 B-H 回线的磁场的情况下，使按照上面实施例 2 制备的环形磁芯退火。退火温度和时间是变化的，对表 1 中的一些合金获得的直流矫顽力、B-H 矩形比、和交流磁芯损耗的结果示于表 III

和 IV。

表 III

在不施加磁场的情况下退火的环的矫顽力和 B-H 矩形比。
表 1 中的合金 40 和 49，居里温度分别为 207℃ 和 170℃。

5

合金号	退火		直流 B-H 回线的性质	
	温度 (℃)	时间 (h)	矫顽力 A/m	矩形比
40	310	1.0	3.50	0.35
	330	0.5	3.10	0.35
	350	1.0	3.18	0.41
49	310	1.0	1.03	0.40
	330	0.5	0.96	0.42
	350	1.0	0.72	0.60

表 IV

在 1 和 50 kHz 和 0.1 T 电感下，测定由约 30 g 重表 I 中的合金 49 制成的环形绕制磁芯的磁芯损耗。该磁芯在不施加磁场的情况下，在 350℃ 退火 1 小时。

10

频率

	1 kHz	50 kHz
磁芯损耗 (W/kg)	5.5	265

圆形的环和低磁芯损耗特别适合在高频变压器等中的应用。

15 5. 具有矩形 B-H 回线的磁性部件

在沿环的圆周方向施加 800 A/m 磁场的情况下，将采用实施例 2 的方法制造的环形磁芯退火。对表 I 中的一些合金获得的直流 B-H 磁滞回线的结果，列于表 V。

表 V

20 表 I 中的一些金属玻璃合金的矫顽力 H_c 和 B-H 矩形比 (B_r/B_s ，其中 B_r 为残余电感)。这种合金在沿磁芯圆周方向施加 800 A/m 直流磁场的情况下，在 320℃ 下退火 2 小时。

合金号	H_c (A/m)	B-H 矩形比
1	1.3	0.93
2	2.3	0.96
5	1.1	0.93
6	3.6	0.93
11	2.0	0.98
19	1.2	0.95
35	1.2	0.93
40	0.6	0.87
41	2.4	0.95
49	0.4	0.88
51	1.0	0.93
54	1.6	0.89
57	1.0	0.93

这些结果表明，当沿磁激励方向施加直流磁场的情况下退火时，本发明的金属玻璃合金达到超过 85% 的高直流 B-H 矩形比，和低于 4 A/m 的低矫顽力。

表 VI 总结了在 5 和 50 kHz 下，对按照实施例 2 的方法，由表 I 中的合金 29、30、31、65、66 和 67 制造的环形卷绕制的力磁芯取得的交流 B-H 回线和磁芯损耗的测定结果。

表 VI

10 对外径 12.5 mm、内径 9.5 mm 和高 4.8 mm 的环形绕制的小磁芯，在 5 kHz 下测得的 B-H 矩形比和在 50 kHz 下测得的磁芯损耗。这些磁芯是采用表 I 中的合金 29、30、31、65、66、和 67 制造的。每个磁芯的重量为 1.5 g。在退火过程中，沿这些小磁芯的圆周方向施加 80 A/m 的直流磁场。

合金	退火		交流B-H回线性质	
	温度(℃)	时间(h)	5 kHz 矩形比	50 kHz 磁芯损耗(W/kg)
29	360	1	0.93	330
30	350	1	0.91	170
31	360	1	0.88	85
65	350	1	0.93	220
66	350	1	0.92	170
67	370	1	0.91	140

超过 85% 的 B-H 矩形比, 和低于 400 W/kg 的低磁芯损耗, 完全适合用于饱和电抗器。这一类的电抗器之一是磁放大器。磁放大器最重要的特性之一是 B-H 矩形比高, 对于大多数市售合金, B-H 矩形比为 80-90%。因此, 本发明磁放大器的工作性能优于大多数市场上出售的磁放大器。这一类磁放大器广泛地应用于包括个人计算机在内的电子器件的开关模式的电源中。

6. 具有切变 B-H 回线的磁性部件

按照实施例 2 的方法制造的环形磁芯, 在施加与环形圆周方向垂直的约 80 kA/m (1 kOe) 磁场的情况下, 先在 350℃ 下退火 1.5 小时, 随后在 220℃ 下退火 3 小时。对表 I 中的合金 32、33、66、和 67 获得的直流磁导率测定结果, 列于表 VII。

表 VII

合金号	直流磁导率
32	1,000
33	1,850
66	1,900
67	2,700

15

这些在上面给定条件下热处理的合金显示切变的或线性的 B-H 回线直到图 1 (C) 所示的磁饱和状态。在热处理过程中施加的磁场应高到足以使材料达到磁饱和状态。切变的或线性的 B-H 特性适合应用于脉冲变压器、界面变换器、信号变换器和输出扼流圈等。

20 至此已经颇为详尽地叙述了本发明的细节, 应当理解, 这些细节

不需严格遵守，但对本领域技术人员来说，在全部所附权利要求规定的本发明的范围内可有一些变化和改进。

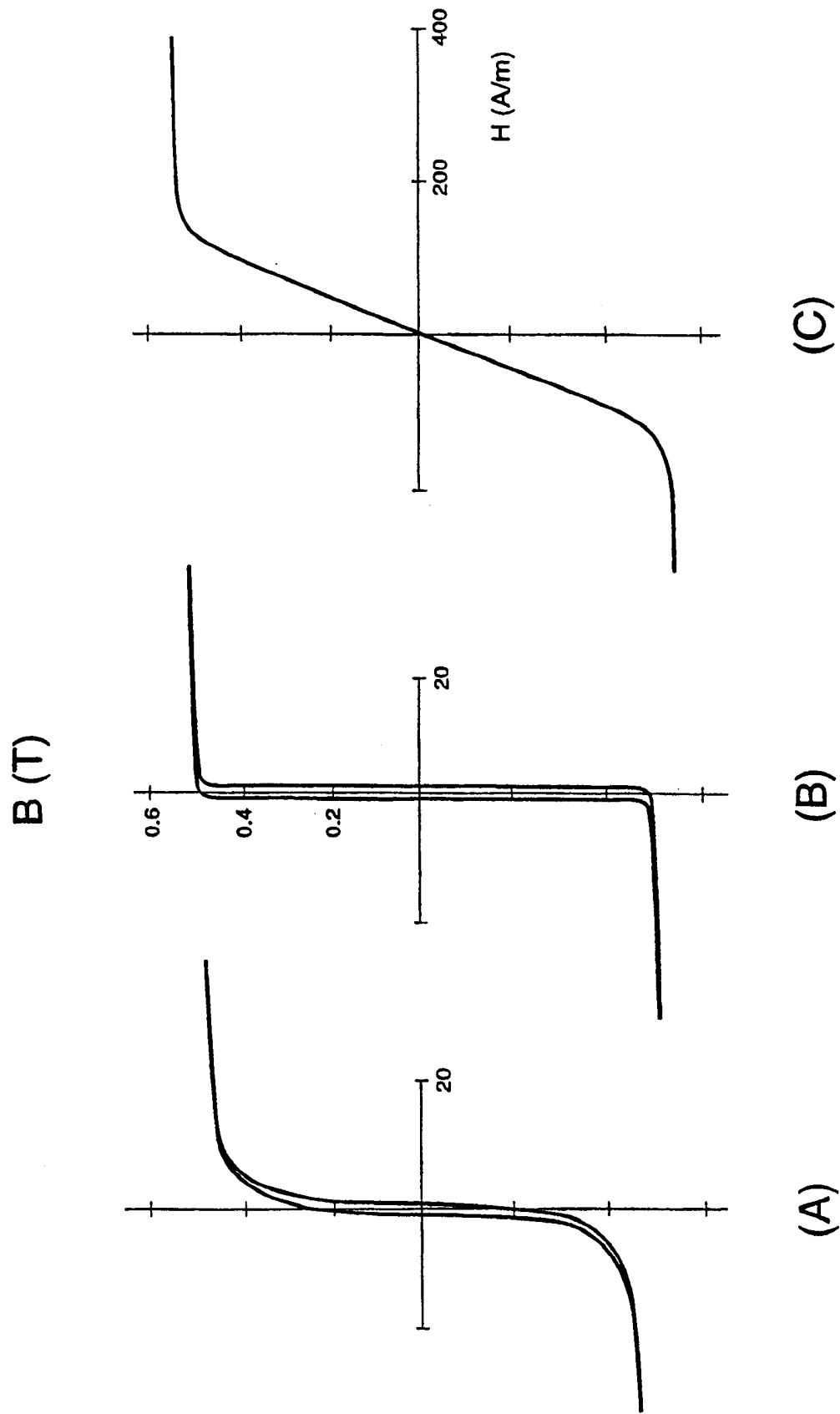


图 1