



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00119337.6

[45] 授权公告日 2004 年 4 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 1145145C

[22] 申请日 2000.6.28 [21] 申请号 00119337.6

[30] 优先权

[32] 1999.6.28 [33] JP [31] 182562/1999

[71] 专利权人 索尼株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 井上喜彦 本多顺一 德竹房重

铃木笃

审查员 李 迪

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

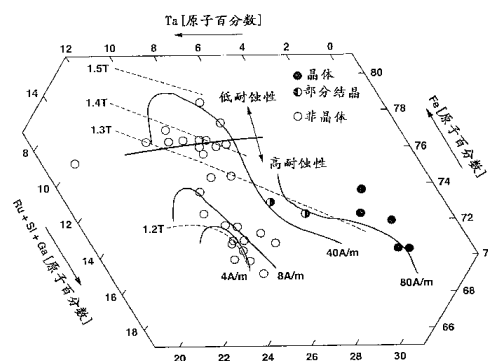
代理人 王以平

权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称 软磁薄膜和设有该软磁薄膜的磁头

[57] 摘要

一种在高饱和磁通密度、软磁特性和耐蚀性方面优良的软磁薄膜。该软磁薄膜用一种由组分分子式 $Fe_aSi_bTa_cRu_dGa_eN_f$ (其中 a、b、c、d、e 及 f 的每一个是一个指示相应元素的 at% 的值) 表示的材料制成, 其中组分范围如下: $62 \text{ at}\% < a < 75 \text{ at}\%$, $7 \text{ at}\% < b < 18 \text{ at}\%$, $3 \text{ at}\% < c < 10 \text{ at}\%$, $0 \text{ at}\% \leq d < 10 \text{ at}\%$, $0 \text{ at}\% \leq e < 6 \text{ at}\%$, $5 \text{ at}\% < f < 12 \text{ at}\%$, 及 $b + c > 13 \text{ at}\%$, 其中 at% 表示原子百分数。



1.一种软磁薄膜，包括：

一种由组分分子式 $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{Ta}_c\text{Ru}_d\text{Ga}_e\text{N}_f$ 表示的材料，其中 a、b、c、d、e、f 的每一个是指示相应元素的原子百分数的值，范围分别如下：

62 原子百分数 $<a<75$ 原子百分数

7 原子百分数 $<b<18$ 原子百分数

3 原子百分数 $<c<10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq d<10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq e<6$ 原子百分数

5 原子百分数 $<f<12$ 原子百分数，及

$b+c>13$ 原子百分数。

2.根据权利要求 1 所述的软磁薄膜，其中组分范围是：

65 原子百分数 $<a<70$ 原子百分数

10 原子百分数 $<b<16$ 原子百分数

5 原子百分数 $<c<9$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq d<5$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq e<3$ 原子百分数

5 原子百分数 $<f<12$ 原子百分数，及

$4.5<a/b<6$ 。

3.根据权利要求 1 所述的软磁薄膜，其中以 6 原子百分数或更低包含 Al、Cr、Ti、Co 或 Hf 的至少任一种。

4.一种磁头，具有由一个磁心构成的封闭磁路和一个形成在所述封闭磁路中的磁隙，所述磁头包括：

一种构成所述磁心至少一部分的软磁薄膜，其中

所述软磁薄膜包括一种由组分分子式 $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{Ta}_c\text{Ru}_d\text{Ga}_e\text{N}_f$ 表示的材料，其中 a、b、c、d、e、f 的每一个是指示相应元素的原子百分数的值，范围分别如下：

62 原子百分数 $<a < 75$ 原子百分数

7 原子百分数 $<b < 18$ 原子百分数

3 原子百分数 $<c < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq d < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq e < 6$ 原子百分数

5 原子百分数 $< f < 12$ 原子百分数, 及

$b+c > 13$ 原子百分数。

软磁薄膜和设有该软磁薄膜的磁头

技术领域

本发明涉及一种在相对于诸如蒸发磁带之类的高矫顽力磁记录媒体用来记录/再现信息的磁头中使用的软磁薄膜。更具体地说，本发明涉及一种既有高饱和磁通密度又有满意的软磁特性的微晶沉积软磁薄膜、和一种设有该软磁薄膜的磁头。

背景技术

最近几年，在磁记录工业领域中记录信号的记录密度一直在升高。因此，已经使用了具有大矫顽力和高残余磁通密度的磁记录媒体。上述磁记录媒体的例子是设有非磁性支撑件的所谓蒸发磁带，该非磁性支撑件直接涂敷有例如一种铁磁金属材料。

这导致这样一种事实：磁头必须设有由具有高饱和磁通密度和高磁导率的材料制成的心部。

为了满足上述要求，已经提出了所谓的金属嵌入间隙(MIG)磁头。MIG磁头包括一种由铁氧体制成的次心部材料。况且，主心部材料形成在铁氧体层上，主心部材料由呈现高饱和磁通密度的薄金属磁膜构成。就是说，间隙部分由薄金属磁膜构成。MIG磁头是一种相对于蒸发磁带来记录/再现信息的满意磁头。

上述类型的磁头允许相对于诸如蒸发磁带之类的具有高矫顽力的记录媒体，实现满意的记录/再现过程，因为记录密度在最近几年已经显著升高。因此，磁头必须由金属磁性材料制成，以便包括一个足够大的记录磁场。况且，即使在高频区域也需要满意的软磁特性。

在上述环境下，主要由Fe组成的薄微晶金属磁膜的实际使用已经开始，作为用于磁头的常规金属磁性材料的代用品。如此的原因在于，薄微晶金属磁膜具有高饱和磁通密度和优良的软磁特性。

Fe-基薄微晶金属磁膜具有这样一种结构：具有纯铁之类组分的微晶基本上构成薄膜的整个体积。因此，上述薄膜受不满意的耐蚀性之害。因而，产生有这样一个问题：设有上述 Fe-基薄微晶金属磁膜的装置的可靠性下降。

发明内容

鉴于上文，本发明的目的在于提供：一种软磁薄膜，能够克服常规技术经受的上述问题，并且具有高饱和磁通密度、优良的软磁特性及足够的耐蚀性；和一种设有该软磁薄膜的可靠磁头。

本发明的发明人已经发觉这样一个事实：替换对于起心部作用的薄微晶金属磁膜的部分呈现满意耐蚀性的 Fe-Ru-Ga-Si 合金，能够实现高饱和磁通密度、满意的软磁特性及足够的耐蚀性。

基于上述事实已经实现了本发明。就是说，根据本发明的一个方面，所提供的软磁薄膜包括：一种由组分分子式 $Fe_aSi_bTa_cRu_dGa_eN_f$ (其中 a、b、c、d、e 及 f 的每一个是一个指示相应元素的原子百分数的值) 表示的材料，其中组分范围如下：

62 原子百分数 $<a < 75$ 原子百分数

7 原子百分数 $<b < 18$ 原子百分数

3 原子百分数 $<c < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq d < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq e < 6$ 原子百分数

5 原子百分数 $< f < 12$ 原子百分数，及

$b+c > 13$ 原子百分数。

根据本发明的另一个方面，所提供的磁头包括：一个磁心部分，形成一条封闭的磁路；及一个磁隙，形成在封闭的磁路中，其中磁心的至少一部分由上述软磁薄膜构成。

由于具有上述组分的软磁薄膜由薄微晶金属磁膜构成，所以根据本发明的软磁薄膜具有高饱和磁通密度和优良的软磁特性。况且，能够实现满意的耐蚀性，因为用作心部的部分的 Fe-Ru-Ga-Si 合金被替换。

附图说明

由结合附图描述的最佳实施例的如下详细描述，将明白本发明的目的、特征和优点。

图 1 是曲线图，表示在 Fe-Ta-(Ru+Si+Ga)的三元组分曲线中的磁特性分布；

图 2 是曲线图，表示在 Fe 的原子百分数与耐蚀性之间的关系；

图 3 是曲线图，表示在 $Si / (Si + Fe)$ 、饱和磁通密度 B_s 及饱和磁致伸缩常数 λ_s 中的关系；

图 4 是示意立体图，表示 MIG 磁头的结构的一个例子；

图 5 是示意平面图，表示 MIG 磁头相对于磁记录媒体的滑动表面；

图 6 是曲线图，表示由设有各种软磁薄膜的 MIG 磁头实现的重写特性的差别；及

图 7 是曲线图，表示具有各种软磁薄膜的 MIG 磁头的再现输出的频率特性的差别。

具体实施方式

现在参照附图将描述根据本发明的一种软磁薄膜和一种磁头。

根据本发明的软磁薄膜主要由 Fe、Si、Ta、Ru、Ga 及 N 构成。

该软磁薄膜包括：一种由组分分子式 $Fe_aSi_bTa_cRu_dGa_eN_f$ (其中 a、b、c、d、e 及 f 的每一个是一个指示相应元素的原子百分数的值)表示的材料，其中组分范围如下：

62 原子百分数 $<a < 75$ 原子百分数

7 原子百分数 $<b < 18$ 原子百分数

3 原子百分数 $<c < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq d < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq e < 6$ 原子百分数

5 原子百分数 $< f < 12$ 原子百分数，及

$b+c > 13$ 原子百分数。

通过使用具有从上述组分略去 N 的形式的组分的标膜，制造根据本发明的软磁薄膜。在包含 50 mol% 至 20 mol% 氮的氩气气氛中进行 RF 或 DC 磁控管溅射。然后，在 450°C 至 600°C 下进行热处理，从而实现软磁特性。

表 1 至 4 表示通过在包含 10 mol% 氮的氩气气氛中进行的 RF 磁控管溅射过程制造的软磁薄膜的组分，该组分是从其已经略去氮的组分。况且，表 1 至 4 表示在已经允许软磁薄膜在 550°C 下停留一小时之后在难磁化轴方向上达到的矫顽力 H_c 、饱和磁通密度 B_s 及导磁率 μ_{Hard} 。

表 1

没有氮的软磁薄膜的原子百分数					软磁特性		
Fe (原子百分数)	Si (原子百分数)	Ta (原子百分数)	Ru (原子百分数)	Ga (原子百分数)	H_c (A/m)	B_s (T)	μ_{Hard} (1MHz)
73.6	13.1	9.5	3.0	0.8	8.1	1.22	3415
67.8	13.8	8.7	9.7	0.0	152.4	1.22	485
70.3	12.8	9.2	6.9	0.8	3.5	1.20	3725
69.0	10.8	9.0	11.0	0.2	9.4	1.16	3308
71.7	15.5	9.4	3.1	0.3	0.6	1.15	5070
69.7	12.4	9.2	8.7	0.0	3.9	1.22	3954
77.3	13.4	6.7	2.4	0.2	38.1	1.43	821
71.6	16.3	8.9	3.2	0.0	159.6	1.10	340
76.4	10.3	10.6	2.3	0.4	61.8	1.20	1733
75.3	8.2	14.5	2.0	0.0	6623.2	0.73	7
77.0	11.6	9.4	2.0	0.0	22.2	1.44	2581
80.9	8.0	9.4	1.7	0.0	234.0	1.52	367

表 2

没有氮的软磁薄膜的原子百分数					软磁特性		
Fe (原子百分数)	Si (原子百分数)	Ta (原子百分数)	Ru (原子百分数)	Ga (原子百分数)	Hc (A/m)	Bs (T)	μ_{Hard} (1MHz)
78.4	11.6	7.1	2.4	0.5	110.6	1.49	337
76.4	13.3	7.9	2.5	0.0	25.8	1.37	2673
76.1	10.5	7.6	5.8	0.0	32.6	1.40	1435
76.4	12.2	8.9	2.4	0.0	19.2	1.30	2399
78.0	7.6	9.7	4.7	0.0	21.9	1.34	2750
73.9	9.1	8.9	7.6	0.5	20.9	1.34	2073
83.0	8.7	6.1	2.2	0.0	1114.4	1.15	74
77.5	11.1	8.4	3.0	0.0	12.8	1.32	3440
73.0	17.5	6.8	2.7	0.0	41.3	1.36	451
70.9	18.1	7.7	3.3	0.0	16.4	1.25	1258
76.7	15.3	5.9	2.1	0.0	331.7	1.38	93
72.1	18.0	7.2	2.7	0.0	26.6	1.31	589

表 3

没有氮的软磁薄膜的原子百分数					软磁特性		
Fe (原子百分数)	Si (原子百分数)	Ta (原子百分数)	Ru (原子百分数)	Ga (原子百分数)	Hc (A/m)	Bs (T)	μ_{Hard} (1MHz)
74.7	16.8	6.1	2.4	0.0	63.3	1.42	302
70.5	14.3	2.3	7.6	5.3	52.7	1.27	1111
70.4	15.5	1.7	7.0	5.4	422.0	1.34	260

72.1	13.4	1.7	7.2	5.7	99.6	1.36	115
73.7	12.8	2.2	7.0	4.3	312.2	1.34	223
72.4	13.7	2.8	6.8	4.3	193.5	1.36	403
72.5	11.0	5.3	7.0	4.2	75.8	1.26	238
69.8	12.2	9.6	7.2	1.1	0.8	1.15	1983
71.0	10.8	9.3	6.8	2.1	2.3	1.19	1449
71.0	11.3	8.8	6.3	2.7	5.0	1.19	1449
70.8	9.8	9.4	6.9	3.1	1.2	1.15	2872
70.8	12.7	7.5	6.5	2.6	12.7	1.23	2633

表 4

没有氮的软磁薄膜的原子百分数					软磁特性		
Fe (原子百分数)	Si (原子百分数)	Ta (原子百分数)	Ru (原子百分数)	Ga (原子百分数)	Hc (A/m)	Bs (T)	μ_{Hard} (1MHz)
71.3	12.2	8.0	6.6	2.0	16.3	1.29	2263
74.5	9.4	8.7	6.3	1.1	10.6	1.26	3077
73.1	9.9	6.7	6.5	3.8	64.0	1.29	540
75.3	8.5	10.2	5.6	0.4	6.7	1.24	3410
72.5	11.9	9.8	5.1	0.8	7.5	1.25	3653
74.6	10.9	7.6	5.5	1.5	24.5	1.28	1107
76.4	9.4	8.1	5.0	1.0	12.6	1.31	1497
76.2	8.9	7.0	5.0	2.9	27.9	1.35	1091
75.7	10.8	8.3	4.7	0.4	12.8	1.35	1869

76.2	9.2	8.3	5.4	0.9	15.0	1.33	1638
73.5	12.1	8.6	4.6	1.1	10.8	1.28	1070
73.6	12.7	7.8	4.0	1.9	7.6	1.25	1073

图 1 表示通过画出表 1 中所示的数据形成的曲线，从而注意力集中在 Fe 和 Ta 每一个的原子百分数上。

把每种软磁薄膜的组分百分数表示成略去氮的原因在于，氮的分析精度与其他元素的那些相比是不满意的。下文把该组分表示成除氮之外的组成元素的原子百分数之和是 100%。

在任何组分中，借助于其能实现软磁特性的氮的原子百分数满足从 5% 至 12% 的范围。

如能从图 1 理解的那样，有这样一种组分范围，其中在其中 Ta 的原子百分数是 5% 至 7% 的范围中不能实现矫顽力是 40 A/m 或更小的满意软磁特性。知道的事实是，Ta 是一种在必须形成的膜中增强非晶形成的元素。在 Ta 的原子百分数是 5% 至 7% 的范围中不能得到满意软磁特性的原因在于，在上述范围内不形成在薄微晶沉积型软磁薄膜要求的热处理之前的非晶结构。

图 2 是通过相对于 Fe 的原子百分数画出由于把表 1 至 4 中所示的所有薄磁膜浸在 0.5 N 的 NaCl 溶液中 200 小时而改变的饱和磁化量的比值形成的曲线。

具有饱和磁化量是一的类型的薄磁膜免受腐蚀。随着比值升高，腐蚀程度变大。

如能从图 1 理解的那样，随着 Fe 的原子百分数升高，能得到更高的饱和磁通密度 B_s 。如能从图 2 理解的那样，假定除氮之外的组成元素的原子百分数之和是 100%，在其中 Fe 的原子百分数高于 76% 的区域中，耐蚀性变坏。

图 3 表示由 Si 的原子百分数和 Fe 的原子百分数之和引起的饱和磁通密度及饱和磁致伸缩常数的变化。

当总和满足从 0.1 至 0.21 的范围时，能得到关于其 $H_c < 80$ A/m

或更低的软磁特性。已经发觉如下事实。就是说，希望上述组分比值(总和)满足从 0.15 至 0.17 的范围，以使饱和磁通密度为 1.3T 或更高，并且使饱和磁致伸缩常数为 1×10^{-6} 或更小。

上述组分范围转换成在组分分子式 $Fe_aSi_bTa_cRu_dGa_eN_f$ 中的约 $4.5 < a/b < 6.0$ 。

类似于 Ta, Si 是一种能够影响在热处理之前形成非晶结构的元素。因此, Ta 原子百分数减小的影响多少能通过升高 Si 的原子百分数补偿。

Ru 的饱和磁通密度 B_s 相对于添加的增大不显著减小。况且, Ru 在提高耐蚀性方面是有效的。如能从表 1 理解的那样, 在 0 原子百分数至 11 原子百分数的宽原子百分数范围内, 能得到 $H_c < 80$ A/m 的软磁特性。为了实现更高的饱和磁通密度, 希望原子百分数是 5 原子百分数或更低。

Ga 是一种借助于它能减小磁各向异性并且能提高耐蚀性的元素。如能从表 1 理解的那样, 在 0 原子百分数至 5 原子百分数的原子百分数范围内, 能得到 $H_c < 80$ A/m 的软磁特性。为了实现更高的饱和磁通密度, 希望原子百分数是 3 原子百分数或更低。

结果, 希望当软磁薄膜由组分分子式 $Fe_aSi_bTa_cRu_dGa_eN_f$ (其中 a、b、c、d、e 及 f 的每一个是一个指示相应元素的原子百分数的值) 表示时, 组分范围满足:

62 原子百分数 $< a < 75$ 原子百分数

7 原子百分数 $< b < 18$ 原子百分数

3 原子百分数 $< c < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq d < 10$ 原子百分数

0 原子百分数 $\leq e < 6$ 原子百分数

5 原子百分数 $< f < 12$ 原子百分数, 及

$b+c > 13$ 原子百分数。

当考虑应用于磁头时, 进一步希望组分分子式中的原子百分数满足:

65 原子百分数 $<a < 70$ 原子百分数
 10 原子百分数 $<b < 16$ 原子百分数
 5 原子百分数 $<c < 9$ 原子百分数
 0 原子百分数 $\leq d < 5$ 原子百分数
 0 原子百分数 $\leq e < 3$ 原子百分数
 5 原子百分数 $<f < 12$ 原子百分数, 及
 $4.5 < a/b < 6$.

当例如除 Fe、Si、Ta、Ru、Ga 及 N 之外作为元素添加 Hf 时, 能得到与从在薄磁膜中形成细微晶粒的边界层的 Ta 可得到的相类似的效果。当添加 Al、Cr、Ti 或 Co 时, 在细微晶粒中形成固溶体。因此, 类似于 Ga 能得到磁各向异性的减小和耐蚀性的提高。因此, 当根据本发明以 0 原子百分数至 6 原子百分数把金属元素 Al、Cr、Ti、Co 或 Hf 的至少任一种添加到软磁薄膜时, 能得到类似的软磁特性和耐蚀性。

现在参照附图将描述把根据本发明的软磁薄膜涂敷到 MIG 磁头上的一个具体例子。

如图 4 和 5 中所示, 根据本发明的磁头具有这样一种结构: 一个磁隙 g 基本上形成在与记录媒体接触的表面的中央部分处。把磁心的一对单独制造的右和左半头体 1 和 2 彼此接合, 从而磁隙 g 形成在磁心半头体 1 与 2 之间。因此, 用来形成磁隙 g 的表面彼此邻接。

磁心的半头体 1 与 2 设有是次心部的底座 3 和 4、及是主心部的薄金属磁膜 5 和 6。

底座 3 和 4 由诸如 Mn-Zn 铁氧体或 Ni-Zn 铁氧体之类的磁氧化物材料制成。底座 3 和 4 起用来构成与薄金属磁膜 5 和 6 有关的封闭磁路的次心部的作用。

用来限制磁隙 g 的磁道宽度 T_w 的圆弧形磁道宽度限制槽 7、8、9 和 10, 形成在底座 3 和 4 的表面中相对着用来形成磁隙 g 的表面。磁道宽度限制槽 7、8、9 和 10 形成在从相邻部分至磁隙 g 两端的深

度方向上。

磁道宽度限制槽 7、8、9 和 10 的每一个填有非磁性材料 11，如玻璃。因而，实现与磁记录媒体的满意接触特性，并且能防止由滑动和接触引起的偏心磨损。

用于线圈导线的槽 12 形成在底座 3 和 4 的任一个的表面中(在该实施例中的底座 4)。槽 12 具有基本为矩形侧的形状，以限制磁隙 g 的深度且允许导线缠绕以形成一个线圈(未表示)。注意用于线圈导线的槽 12 类似地可以形成在底座 3 以及底座 4 中。

薄金属磁膜 5 和 6 起用来构成与底座 3 和 4 有关的封闭磁路的主心部的作用。薄金属磁膜 5 和 6 在从前间隙部分至后间隙部分的方向上形成在底座 3 和 4 的相对表面中。因此，薄金属磁膜 5 和 6 的相对表面起用来形成磁隙 g 的磁心的半头体 1 和 2 的表面的作用。

薄金属磁膜 5 和 6 形成在磁道宽度限制槽 7、8、9 和 10 的内侧部分的表面和底座 3 和 4 的相对表面上。薄金属磁膜 5 和 6 可以形成在用于线圈导线的槽 12 的内侧部分的整个表面或至少其一部分上。

制造设有每个具有表示为 $\text{Fe}_a\text{Si}_b\text{Ta}_c\text{Ru}_d\text{Ga}_e\text{N}_f$ 的组分的软磁薄膜的 MIG 磁头，以估计特性。

通过使用包含 74.0 原子百分数的 Fe、15.0 原子百分数的 Si、2.5 原子百分数的 Ru、1.0 原子百分数的 Ga 及 7.5 原子百分数的 Ta 的标膜，制造薄金属磁膜 5 和 6。然后，在对其添加 10 mol% 氮的氩气氛中进行 DC 溅射。制造的软磁薄膜的每一个的矫顽力 H_c 是 15 A/m。饱和磁通密度 B_s 是 1.35 T。在难磁化轴方向上的导磁率 μ_{Hard} 是 3200。如果薄金属磁膜直接形成在底座 3 和 4 的每一个上，则扩散反应在铁氧体与薄磁膜之间发生。因而，不良地形成假间隙。因此，希望薄金属磁膜通过反应防止膜形成。

为了进行比较，制造一种设有软磁薄膜的 MIG 磁头，该软磁薄膜是具有包含 78 原子百分数的 Fe、10 原子百分数的 Ta 及 2 原子百分数的 Ni 组分的薄微晶沉积型金属磁膜($H_c=15$ A/m, $B_s=1.6$ T 及

$\mu_{\text{Hard}}=4500$)。制造另一种设有软磁薄膜的 MIG 磁头，该软磁薄膜是具有包含 66 原子百分数的 Fe、14 原子百分数的 Si、8 原子百分数的 Ru 及 12 原子百分数的 Ga 组分的薄微晶金属磁膜($H_c=25$ A/m, $B_s=1.1$ T 及 $\mu_{\text{Hard}}=1500$)。因而，可与上述 MIG 磁头比较记录/再现特性。

图 6 表示通过使用具有 132 kA/m 矫顽力和设有其厚度是 0.53 μm 的磁性层的磁记录媒体测量的重写特性的结果。图 7 表示再现输出对频率的依赖性的结果。

与设有晶体软磁薄膜的 MIG 磁头相比，设有根据本发明的软磁薄膜的 MIG 磁头具有优良的重写特性，因为磁头设有呈现高饱和磁通密度的软磁薄膜。况且，由于满意的软磁特性在整个频率范围内能得到高再现输出。因而，能实现与设有包含 Fe 作为其心部的薄微晶沉积型金属磁膜的 MIG 磁头的那些类似的记录/再现特性。

把具有三种类型的软磁薄膜的 MIG 磁头浸在 0.5 N 的 NaCl 溶液中一小时。然后，观察其上磁记录媒体滑动的每个表面。结果，设有包含 Fe 作为其心部的薄微晶沉积型金属磁膜的 MIG 磁头遇到软磁薄膜表面的磨损。另一方面，设有根据本发明的软磁薄膜的 MIG 磁头类似于晶体型软磁薄膜没有磨损。结果，实现了满意的可靠性。

结果，把根据本发明的软磁薄膜应用于 MIG 磁头获得优良的记录/再现特性和满意的可靠性。

如上所述，根据本发明的软磁薄膜呈现高饱和磁通密度和优良的软磁特性。况且，能实现足够的耐蚀性。

因此，根据本发明用于磁头的软磁薄膜的提供使得磁头在记录/再现特性方面优良并且可靠。

尽管以其最佳形式和具有一定程度特殊性的结构已经描述了本发明，但应该理解，在结构细节方面和在各部分的组合和布置方面能改变最佳形式的本公开，而不脱离下文所要求的本发明的精神和范围。

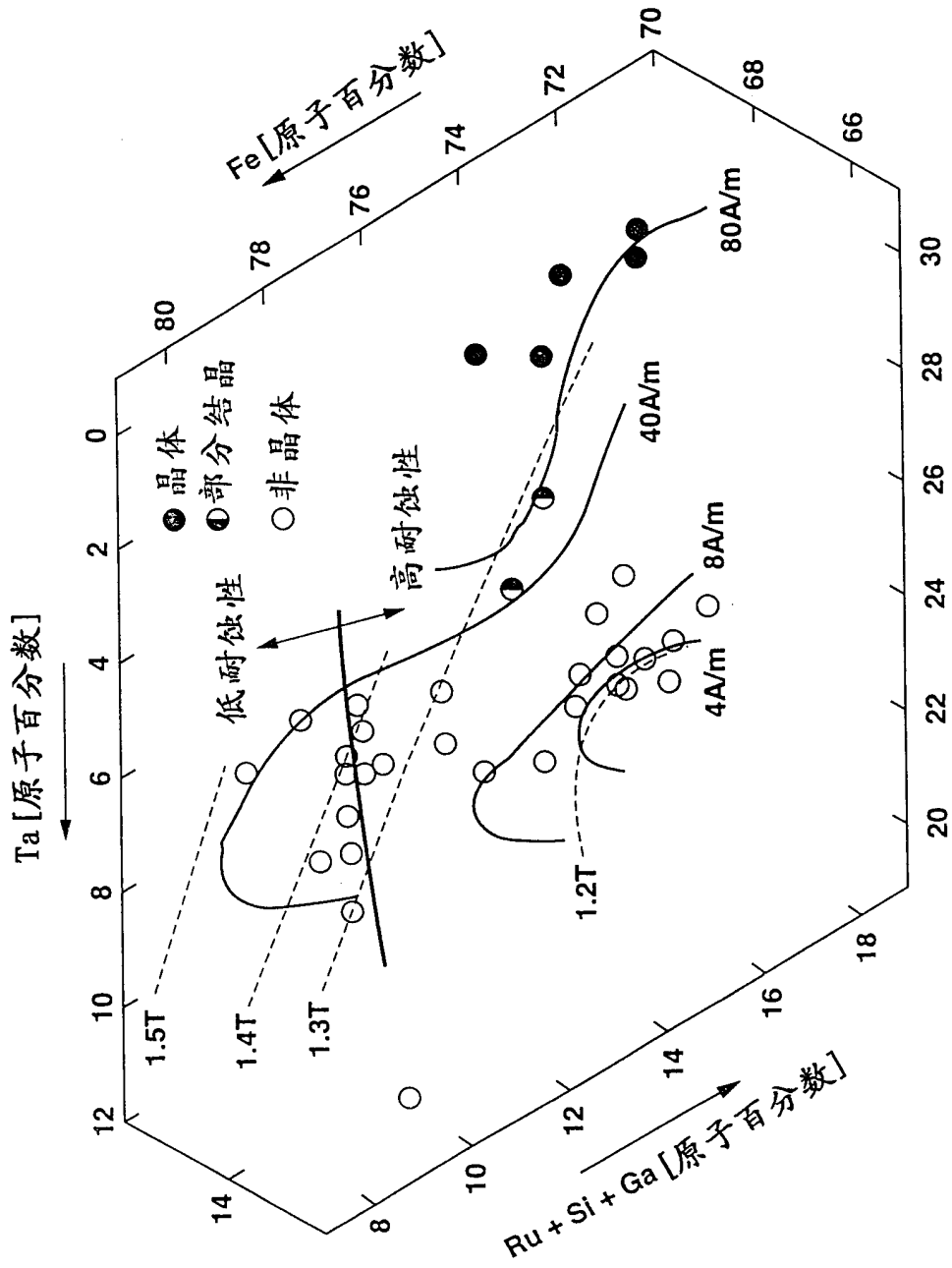


图 1

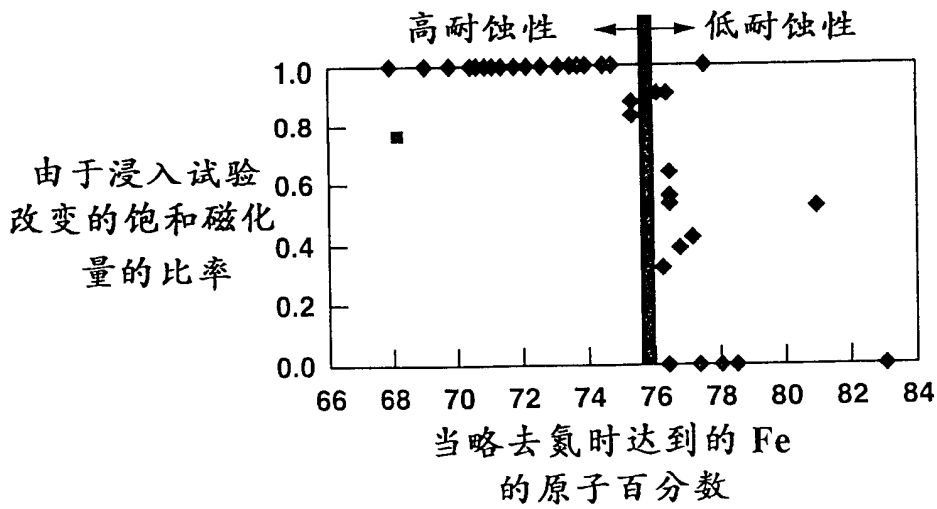


图 2

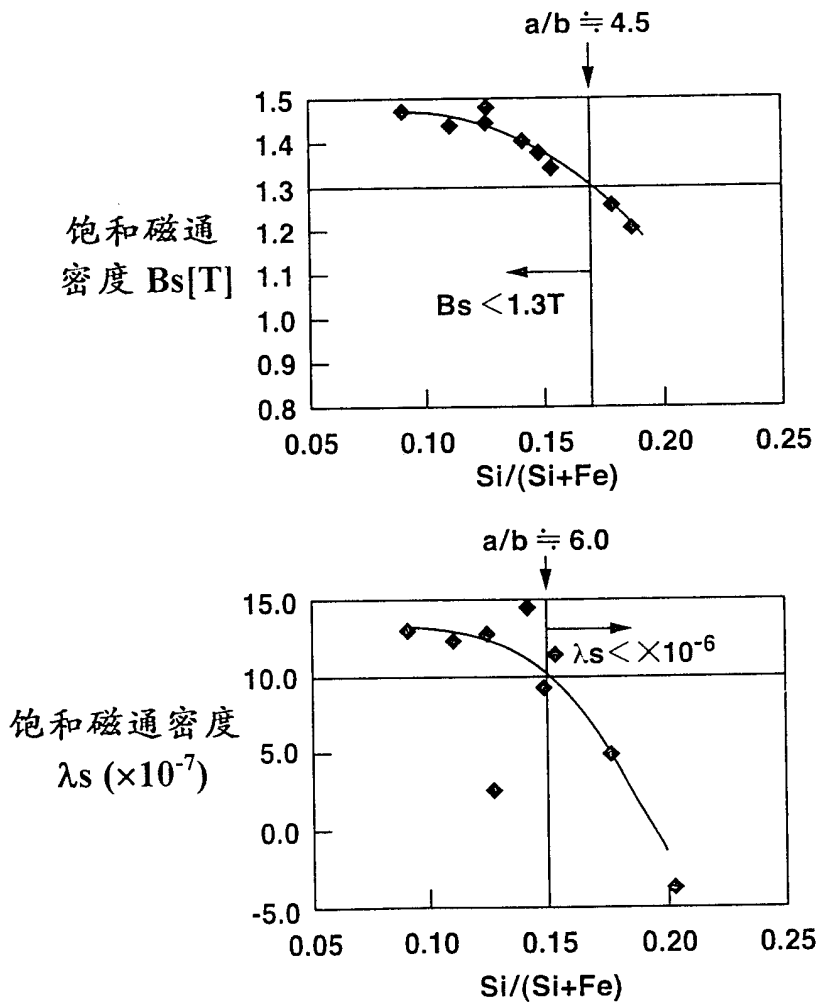


图 3

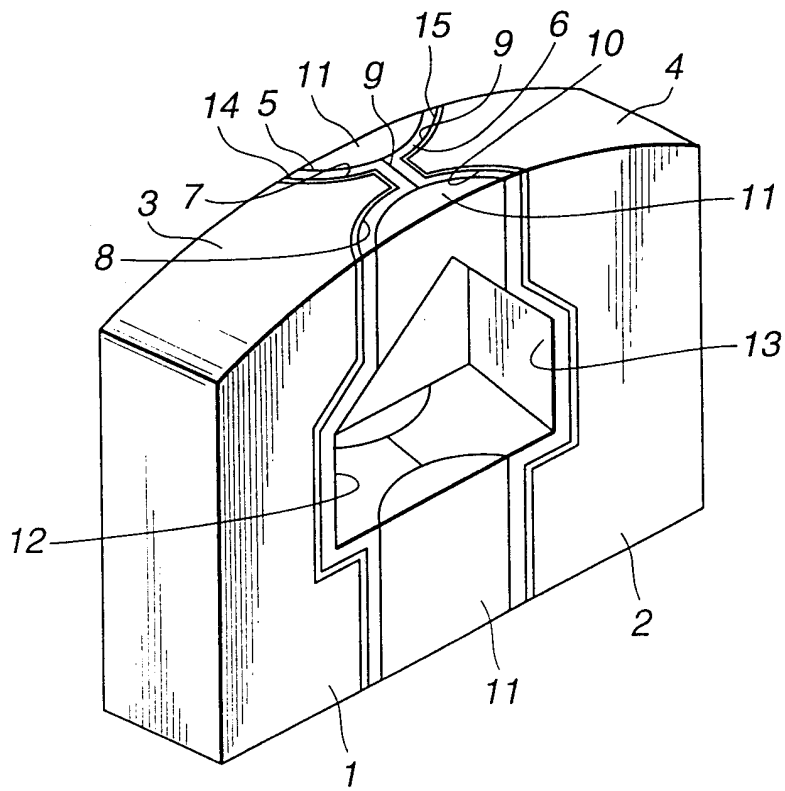


图 4

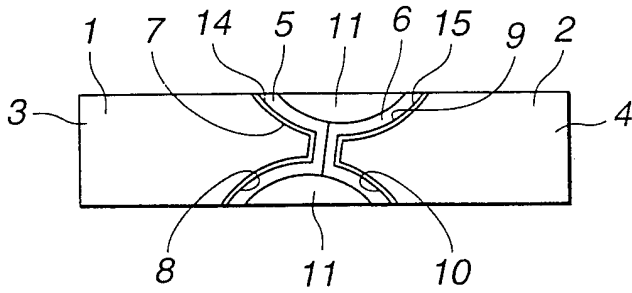


图 5

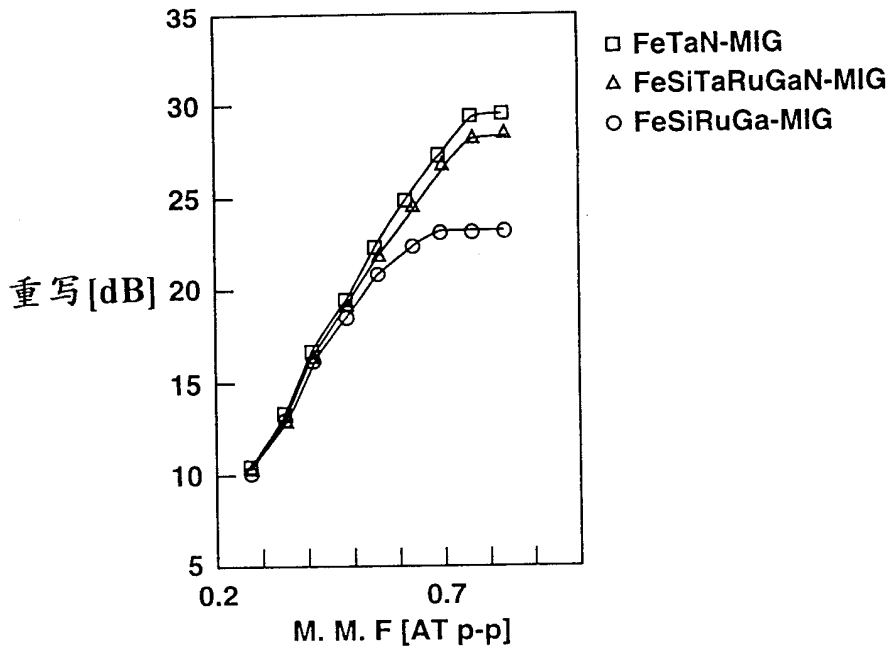


图 6

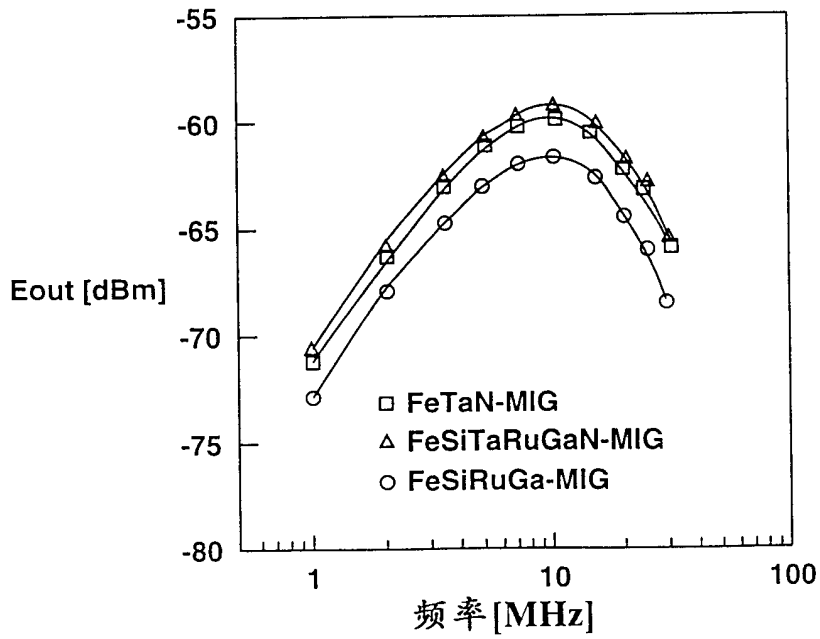


图 7