

## 明 細 書

### 発明の名称：

垂直磁気記録媒体における軟磁性薄膜層用合金およびスパッタリングターゲット材並びに軟磁性薄膜層を有する垂直磁気記録媒体

### 関連出願の相互参照

[0001] この出願は、2011年9月28日に出願された日本国特許出願2011-212045号に基づく優先権を主張するものであり、その全体の開示内容が参照により本明細書に組み込まれる。

### 技術分野

[0002] 本発明は、垂直磁気記録媒体における軟磁性薄膜層用合金およびスパッタリングターゲット材に関するものである。

### 背景技術

[0003] 近年、磁気記録技術の進歩は著しく、ドライブの大容量化のために、磁気記録媒体の高記録密度化が進められており、従来普及していた面内磁気記録媒体より更に高記録密度が実現できる、垂直磁気記録方式が実用化されている。垂直磁気記録方式とは、垂直磁気記録媒体の磁性膜中の媒体面に対して磁化容易軸が垂直方向に配向するように形成したものであり、高記録密度に適した方法である。そして、垂直磁気記録方式においては、記録感度を高めた磁気記録膜層と軟磁性膜層とを有する2層記録媒体が開発されている。この磁気記録膜層には一般的にCoCrPt-SiO<sub>2</sub>系合金が用いられている。

[0004] 一方、従来の軟磁性膜層には、高い飽和磁束密度（以下、Bsと記す）と高いアモルファス形成能（以下、非晶質性と記す）が必要であり、さらに垂直磁気記録媒体の用途や使用環境によっては、高耐食性、高硬度など様々な特性が付加的に要求されてきた。上記の要求特性の中でも、特にBsが高いことは重要であり、例えば、特開2008-299905号公報（特許文献1）や特開2011-68985号公報（特許文献2）および特開2011

－ 9 9 1 6 6 号公報（特許文献 3）においても高い  $B_s$  を狙いとしており、いずれの実施例も 1. 1 T 以上で、アモルファス状態に限ると 1. 3 T 以上であることから、実際に垂直磁気記録媒体中でスパッタ膜として用いられる際には、概ね 1. 3 T 以上の  $B_s$  が必要であることがうかがえる。

[0005] このように高い  $B_s$  が要求されている理由は、記録膜の磁化を安定化させるために一定値以上の  $B_s$  が必要であることと記録媒体の面内方向に磁気異方性（以下、面内磁気異方性（ $H_k$ ）と記す）を強く持たせるためと考えられる。特に高い  $H_k$  はノイズの低減に重要な因子であり、一般に軟磁性膜の  $B_s$  が高いと大きい値となることが知られている。

[0006] しかしながら、高  $B_s$  の軟磁性膜を用いることによる弊害もある。すなわち、書き込み用ヘッドにより着磁された状態において、高  $B_s$  の軟磁性膜を用いると、磁束密度が高いため必要以上に周囲の広範囲に磁気的な影響を及ぼしてしまい、結果として単位記録情報あたりの書き込みに必要なスペースを大きく取ることが必要となり、記録密度を上げにくくなる課題もある。この現象は、いわゆる「書き込み」とも呼ばれている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0007] 特許文献 1：特開 2 0 0 8－2 9 9 9 0 5 号公報

特許文献 2：特開 2 0 1 1－6 8 9 8 5 号公報

特許文献 3：特開 2 0 1 1－9 9 1 6 6 号公報

### 発明の概要

[0008] 上述のような背景から、本発明者らは、記録膜の磁化を安定させる最低限の  $B_s$  を有しながら、比較的低い  $B_s$  でも高い  $H_k$  を持つ軟磁性合金を見出せば、高  $H_k$  によるノイズ低減と、「書き込み」抑制による、高記録密度が両立できるものと考えた。したがって、 $H_k$  を増加させるための、高  $B_s$  以外の影響因子を検討し、これを実現できる軟磁性アモルファス合金を見出すことが重要であると考えた。

[0009] そこで、従来のように、高い  $B_s$  により高い  $H_k$  を得るのではなく、 $H_k$

への他の影響因子を検討した結果、高いB sの温度特性（高キュリー点）が効くと推定し、この技術思想に基づき、低いB sと、高いB sの高温特性の合金を用いることで、高H kと書き込み低減が両立することを見出し、本発明に至った。

[0010] したがって、本発明の目的は、室温で低い飽和磁束密度を示すとともに、高温においてこの飽和磁束密度の低下が小さい垂直磁気記録媒体用軟磁性合金、およびこの合金の薄膜を作製するためのスパッタリングターゲット材を提供することにある。

[0011] 本発明の一態様によれば、垂直磁気記録媒体内の軟磁性薄膜層に用いる合金であって、前記合金が、a t %で、

T i, Z r, H f, V, N b, T a, C r, M o, W, M n, N i, C u, A l, B, C, S i, P, Z n, G a, G e, S nを1種または2種以上、残部C o、F eおよび不可避免的不純物からなり（comprising）、好ましくはこれらの元素のみから実質的になり（consisting essentially of）、より好ましくはこれらの元素のみからなり（consisting of）、下記の式（1）～（3）：

$$(1) 0 \leq F e \% / (F e \% + C o \%) \leq 0.5$$

$$(2) 5 \leq T i \% + Z r \% + H f \% + V \% + N b \% + T a \% + B \% / 2$$

$$(3) 0.3 \leq 0.813 \times F e \% / (F e \% + C o \%) - 0.062 \times T N M + 1.751 \leq 1.2$$

（式中、 $F e \% / (F e \% + C o \%)$ は、F eの含有量とF eとC oを合計した含有量の比であり、T N Mは、T i, Z r, H f, V, N b, T a, C r, M o, W, M n, N i, C u, A l, B, C, S i, P, Z n, G a, G e, S nの添加量の合計%であるが、Bのみ1 / 2 倍の値を用いたものである）を全て満たす、合金が提供される。

[0012] 本発明の他の一態様によれば、上記合金からなる軟磁性薄膜層が提供される。本発明の更に別の態様によれば、上記軟磁性薄膜層を有する垂直磁気記録媒体が提供される。本発明の更に別の態様によれば、上記合金からなるス

パッタリングターゲット材が提供される。本発明の更に別の一態様によれば、上記スパッタリングターゲット材から成膜された軟磁性薄膜層が提供される。本発明の更に別の一態様によれば、上記軟磁性薄膜層を有する垂直磁気記録媒体が提供される。

- [0013] このような本発明によれば、室温で低い $B_s$ を示すとともに、高温において $B_s$ の低下幅が小さい垂直磁気記録媒体用軟磁性合金およびこの合金の薄膜を作製するためのスパッタリングターゲット材を提供できる。本発明の合金を垂直磁気記録媒体に用いることにより軟磁性合金のもつ磁気特性を如何なく発揮し、軟磁性薄膜層の機能を十分に高めることが出来るようになり、その結果として垂直磁気記録媒体の性能向上に繋げることができる。

### 発明を実施するための形態

- [0014] 以下、本発明について詳細に説明する。特段の明示が無いかぎり、本明細書において「%」はat%を意味する。
- [0015] まず、スパッタ膜は薄膜であることから、 $H_k$ には反磁場の影響が大きく、すなわち反磁界係数と磁化の強さの効果が高いことが予想される。ここで反磁界係数は薄膜の形状で決定される外的因子であり、磁化の強さは軟磁性膜の $B_s$ に相当する。したがって、上述のように $H_k$ と軟磁性膜の $B_s$ は相関を持つ。しかしながら、この考え方では高い $H_k$ のために高い $B_s$ が必要となり従来の高い $B_s$ 軟磁性合金の必要性と同じになってしまう。
- [0016] そこで、 $B_s$ の他に $H_k$ に及ぼす因子を見出す検討を行なった。実施例、比較例にて後述するが、いくつかの軟磁性アモルファス合金組成に関し、スパッタ膜を作製し、 $H_k$ を評価した結果、従来の考え方の通り、高 $B_s$ で高 $H_k$ が得られたが、一部の組成で $H_k$ が極端に小さくなる現象が見られた。この結果について詳細に解析したところ、特にスパッタによる成膜時の基板の温度において、 $B_s$ がほぼゼロとなる組成で、上述のように $H_k$ が極端に小さくなることがわかった。
- [0017] 上記のことから、従来のような室温での $B_s$ でなく、成膜時の温度における $B_s$ の室温からの低下幅を小さくすることが重要であると考えた。すなわ

ち、室温での $B_s$ は低いが、スパッタ成膜時の温度である約 $150^{\circ}\text{C}$ の温度で、室温からの $B_s$ の低下幅が小さい合金を適用することで、高い $H_k$ を有すると同時に「書き込み」を小さくできることが示唆された。このような思想に基づき、室温での $B_s$ が $0.3 \sim 1.2\text{ T}$ と従来の軟磁性膜より低く、かつ、室温の $B_s$ に対する $150^{\circ}\text{C}$ での $B_s$ の低下幅が小さい合金を検討し、本発明に至った。

[0018] なお、室温の $B_s$ に対する $150^{\circ}\text{C}$ での $B_s$ の低下幅を評価する指標として、 $(150^{\circ}\text{Cの}B_s) / (\text{室温の}B_s) \times 100\%$ を用いた。すなわち、この $B_s$ 比が $100\%$ に近い大きい値であるほど温度上昇による $B_s$ の低下幅が小さいことを表す。以下では単に「 $B_s$ 比」と記す。

[0019] 本発明による合金は、式(1)： $0 \leq \text{Fe}\% / (\text{Fe}\% + \text{Co}\%) \leq 0.5$ を満たす。上限値はより正確には $0.50$ である。本合金において、 $\text{Fe}$ および $\text{Co}$ は、記録膜の磁化を安定させるために最低限必要な磁化を持たせるための元素であり、 $B_s$ と $\text{Fe}\% / (\text{Fe}\% + \text{Co}\%)$ の挙動はいわゆるスレーターボーリング曲線などに示される。本発明において最も重要な知見は、上述のように高い $B_s$ 比とすることで、室温で比較的低い $B_s$ の軟磁性膜でも高い $H_k$ が得られることを見出し、さらに $\text{Fe}\% / (\text{Fe}\% + \text{Co}\%)$ を低くすることにより、この $B_s$ 比を高く保てることを見出した点である。

[0020] アモルファス構造を持つ本合金におけるこの現象についての詳細な原因は不明であるが、 $\text{Fe}$ 原子と $\text{Co}$ 原子の $3d$ 電子の軌道分布が関係していると考えられる。特に、 $\text{Fe}\% / (\text{Fe}\% + \text{Co}\%)$ が $0.5$ を超えると、十分な $B_s$ 比が得られない。なお、一般に垂直磁気記録媒体中の軟磁性膜の間には、薄い $\text{Ru}$ 膜が挿入されており、軟磁性膜と $\text{Ru}$ 膜の反強磁性結合により、ハードディスク使用環境下における外部からの弱いノイズ磁場に対する耐性を持たせてある。この反強磁性結合の改善に $\text{Fe}$ を用いる場合があるため、ある程度の $\text{Fe}$ を含むほうが好ましい場合が多い。しかしながら、高い $B_s$ 比のためには $\text{Fe}$ を減じるほうが好ましい。したがって、 $\text{Fe}\% / (\text{Fe}$

%+C o %)の好ましい範囲は、0%超え0.45%以下であり、より好ましくは0.1%以上0.40%以下である。

[0021] 本発明による合金は、式(2)： $5 \leq Ti\% + Zr\% + Hf\% + V\% + Nb\% + Ta\% + B\% / 2$ をも満たす。本合金において、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Bは非晶質性を高めるための元素であり、これらの合計が5未満では十分な非晶質性が得られない。なお、結晶質の合金を用いると、磁気記録メディアからノイズが発生する原因となってしまう。ただし、Bは特に非晶質促進効果が高い元素であり、他の元素の半分の添加量で同等近い効果が得られるため、合計の式において、Bのみ1/2の値を用いている。十分な非晶質性を得るために、好ましくは9%以上、より好ましくは13%以上である。

[0022] 本発明による合金は、式(3)： $0.3 \leq 0.813 \times Fe\% / (Fe\% + Co\%) - 0.062 \times TNM + 1.751 \leq 1.2$ をも満たす。下限値及び上限値はより正確にはそれぞれ0.30および1.20である。本合金において、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Ni, Cu, Al, B, C, Si, P, Zn, Ga, Ge, Snは、いずれもBsを低減させる元素である。本合金系のBsは概ね「 $0.813 \times Fe\% / (Fe\% + Co\%) - 0.062 \times TNM + 1.751$ 」で近似される。なお、この式は後述の実施例において、 $0 \leq Fe\% / (Fe\% + Co\%) \leq 0.50$ の範囲で得られたBsを、 $Fe\% / (Fe\% + Co\%)$ とTNMで重回帰分析した結果、高い相関係数で得られた式であり、この式の値を0.3~1.2の範囲とすることで、0.3~1.2Tと従来の軟磁性膜よりも比較的低いBsを有する軟磁性合金が得られる。ただし、0.3未満では十分なHkが得られず、1.2を超えると従来のBsが高い軟磁性膜と同様に「書き込み」が大きくなる。また、BによるBsの低減効果は、他の元素の約半分であることから、TNMの算出にはBのみ1/2の値を用いている。なお、好ましくは0.4~1.1、より好ましくは0.5~1.0である。

## 実施例

[0023] 以下、本発明について実施例によって具体的に説明する。

[0024] 表1に示す組成でガスアトマイズ法により合金粉末を作製した。溶解母材は25kgで減圧したAr雰囲気中にて誘導溶解し、直径8mmのノズルから合金溶湯を出湯し、直後に高圧のArガスを噴霧しアトマイズした。この粉末を500 $\mu$ m以下に分級し、HIP成形（熱間等方圧プレス）の原料粉末として用いた。HIP成形用ビレットは、直径200mm、長さ100mmの炭素鋼製の缶に原料粉末を充填したのち、真空脱気、封入し作製した。この粉末を充填したビレットを、成形温度が1000℃で、圧力が120MPa、保持時間が2時間の条件でHIP成形した。その後、成形体から直径95mm、厚さ2mmのスパッタリングターゲット材を作製した。このスパッタリングターゲット材を用い薄膜を作製した。

[0025] チャンバー内を $1 \times 10^{-4}$ Pa以下に真空排気し、純度99.99%のArガスを0.6Paになるまで投入しスパッタを行なった。薄膜はガラス基板上に1.5 $\mu$ mの厚さで生成させた。なお、スパッタ時には、スパッタガスのプラズマ照射により、薄膜生成中の基板の温度は150℃程度となった。この薄膜試料について、室温（30℃）および150℃でBsをVSM（試料振動型磁束計）を用いて測定し、150℃でのBsに対する30℃でのBsの百分率（以下「Bs比」または「 $(150^\circ\text{CでのBs}) / (30^\circ\text{CでのBs}) \times 100\%$ 」と記す。）を評価した。

[0026] 更に、薄膜面に対し、垂直方向および面内方向にそれぞれ磁化させたB-H曲線も測定し、それぞれの方向について、磁化を飽和させるために必要な印加磁場の差、すなわち、垂直方向に必要な印加磁場から面内方向に必要な印加磁場を差し引いたものを磁化方向による異方性磁界H<sub>k</sub>として評価した。結晶構造はX線回折により評価した。X線源はCu-K $\alpha$ 線で、スキャンスピードを4°/minとして測定した。この回折パターンで結晶質のピークが見られないものを○、結晶質のピークが見られるものを×として結晶構造の適否を評価した。

[0027]

[表1]

表 1

| No | 合金組成<br>(%)                     | Fe/(Fe<br>+Co) | 式<br>(2) | TNM | 式<br>(3) | 室温<br>Bs<br>(T) | 150℃<br>Bs<br>(T) | Bs比<br>(%) | Hk<br>(A/m) | 結晶<br>構造 | 備考               |
|----|---------------------------------|----------------|----------|-----|----------|-----------------|-------------------|------------|-------------|----------|------------------|
| 1  | 88Co-9Zr-3W                     | 0.00           | 9        | 12  | 1.01     | 1.00            | 0.94              | 93.5       | 960         | ○        | 本<br>発<br>明<br>例 |
| 2  | 84Co-10Ta-6B                    | 0.00           | 13       | 13  | 0.95     | 0.98            | 0.91              | 93.1       | 910         | ○        |                  |
| 3  | 83Co-17Ta                       | 0.00           | 17       | 17  | 0.70     | 0.70            | 0.63              | 90.1       | 690         | ○        |                  |
| 4  | 78Co-10Ti-11Nb-1Ge              | 0.00           | 21       | 22  | 0.39     | 0.34            | 0.28              | 83.2       | 330         | ○        |                  |
| 5  | 78.85Co-4.15Fe-7Zr-10Ta         | 0.05           | 17       | 17  | 0.74     | 0.72            | 0.64              | 89.5       | 680         | ○        |                  |
| 6  | 73.8Co-8.2Fe-7Zr-10Ta-1W        | 0.10           | 17       | 18  | 0.72     | 0.71            | 0.63              | 88.9       | 670         | ○        |                  |
| 7  | 60.2Co-25.8Fe-3Zr-1V-2B-8Si     | 0.30           | 5        | 13  | 1.19     | 1.18            | 1.12              | 94.9       | 1100        | ○        |                  |
| 8  | 60.2Co-25.8Fe-9Ti-5Cr           | 0.30           | 9        | 14  | 1.13     | 1.08            | 1.01              | 93.6       | 1030        | ○        |                  |
| 9  | 58.8Co-25.2Fe-8Zr-5V-2Mn-1Ni    | 0.30           | 13       | 16  | 1.00     | 1.03            | 0.95              | 92.2       | 940         | ○        |                  |
| 10 | 57.4Co-24.6Fe-10Hf-7Ta-1P       | 0.30           | 17       | 18  | 0.88     | 0.94            | 0.85              | 90.6       | 870         | ○        |                  |
| 11 | 56.7Co-24.3Fe-17Zr-1Sn-1Zn      | 0.30           | 17       | 19  | 0.82     | 0.77            | 0.68              | 88.7       | 700         | ○        |                  |
| 12 | 55.3Co-23.7Fe-7Zr-10Ta-4W       | 0.30           | 17       | 21  | 0.69     | 0.70            | 0.61              | 86.5       | 640         | ○        |                  |
| 13 | 54.6Co-23.4Fe-9Zr-8Ta-3Mo-2Ga   | 0.30           | 17       | 22  | 0.63     | 0.58            | 0.49              | 83.8       | 510         | ○        |                  |
| 14 | 53.2Co-22.8Fe-9Ti-8Nb-5Ge-2Sn   | 0.30           | 17       | 24  | 0.51     | 0.50            | 0.40              | 80.3       | 420         | ○        |                  |
| 15 | 49Co-21Fe-8Zr-8Ta-10B-2Mo-2Cu   | 0.30           | 21       | 25  | 0.44     | 0.42            | 0.32              | 75.4       | 290         | ○        |                  |
| 16 | 51.1Co-21.9Fe-10Zr-10Nb-5Ta-2Sn | 0.30           | 25       | 27  | 0.32     | 0.34            | 0.23              | 67.0       | 180         | ○        |                  |
| 17 | 46.8Co-31.2Fe-7Zr-10Ta-5W       | 0.40           | 17       | 22  | 0.71     | 0.68            | 0.57              | 83.6       | 590         | ○        |                  |
| 18 | 42.35Co-34.65Fe-7Zr-10Ta-6W     | 0.45           | 17       | 23  | 0.69     | 0.70            | 0.57              | 81.1       | 580         | ○        |                  |
| 19 | 41Co-41Fe-9Hf-5Mn-2C-2Si        | 0.50           | 9        | 18  | 1.04     | 1.02            | 0.93              | 91.0       | 950         | ○        |                  |
| 20 | 42Co-42Fe-8Zr-5V-3Sn            | 0.50           | 13       | 16  | 1.17     | 1.15            | 1.07              | 93.4       | 1050        | ○        |                  |
| 21 | 38.5Co-38.5Fe-7Zr-10Ta-6W       | 0.50           | 17       | 23  | 0.73     | 0.72            | 0.55              | 76.5       | 550         | ○        |                  |
| 22 | 37Co-37Fe-10Hf-6Nb-5Ta-5Al      | 0.50           | 21       | 26  | 0.55     | 0.56            | 0.32              | 56.8       | 250         | ○        |                  |
| 23 | 30.4Co-45.6Fe-7Zr-10Ta-7W       | 0.60           | 17       | 24  | 0.75     | 0.70            | 0.28              | 40.3       | 90          | ○        | 比<br>較<br>例      |
| 24 | 26.6Co-49.4Fe-7Zr-10Ta-7W       | 0.65           | 17       | 24  | 0.79     | 0.71            | 0.27              | 38.3       | 80          | ○        |                  |
| 25 | 16Co-64Fe-7Zr-10Ta-3W           | 0.80           | 17       | 20  | 1.16     | 0.69            | 0.17              | 25.0       | 60          | ○        |                  |
| 26 | 88Fe-8Zr-4B                     | 1.00           | 10       | 10  | 1.94     | 0.68            | 0.00              | 0.00       | 10          | ○        |                  |
| 27 | 26.6Co-49.4Fe-9Hf-11Mn-2C-2Si   | 0.65           | 9        | 24  | 0.79     | 0.70            | 0.28              | 39.3       | 70          | ○        |                  |
| 28 | 26.6Co-49.4Fe-9Ti-4Nb-7Ge-4Sn   | 0.65           | 13       | 24  | 0.79     | 0.70            | 0.27              | 38.8       | 70          | ○        |                  |
| 29 | 26.6Co-49.4Fe-8Ti-8V-5Ta-3Cr    | 0.65           | 21       | 24  | 0.79     | 0.72            | 0.28              | 38.5       | 60          | ○        |                  |
| 30 | 60.2Co-25.8Fe-2Zr-1V-2B-9Al     | 0.30           | 4        | 13  | 1.19     | 1.22            | 1.16              | 94.9       | 1150        | ×        |                  |
| 31 | 88Co-4Zr-8W                     | 0.00           | 4        | 12  | 1.01     | 1.01            | 0.94              | 93.5       | 980         | ×        |                  |
| 32 | 41Co-41Fe-1Ti-1Hf-2Ta-7Cr-7Al   | 0.50           | 4        | 18  | 1.04     | 1.02            | 0.93              | 91.0       | 920         | ×        |                  |
| 33 | 50.4Co-21.6Fe-10Zr-10Nb-5Ta-3Sn | 0.30           | 25       | 28  | 0.26     | 0.21            | 0.08              | 39.2       | 80          | ○        |                  |
| 34 | 60.9Co-26.1Fe-3Zr-1V-2B-7Si     | 0.30           | 5        | 12  | 1.25     | 1.31            | 1.26              | 96.0       | 1200        | ○        |                  |
| 35 | 43Co-43Fe-8Zr-5V-1Sn            | 0.50           | 13       | 14  | 1.29     | 1.28            | 1.23              | 96.0       | 1200        | ○        |                  |

注1) 式(2)は、 $Ti\% + Zr\% + Hf\% + V\% + Nb\% + Ta\% + B\% / 2$ 注2) 式(3)は、 $0.813 \times Fe\% / (Fe\% + Co\%) - 0.062 \times TNM + 1.751$ 

注3) アンダーラインは本発明範囲外

表1に示すように、No. 1～22は本発明例であり、No. 23～35は比較例である。

[0028] まず、実施例における式(3)「 $0.813 \times Fe\% / (Fe\% + Co\%) - 0.062 \times TNM + 1.751$ 」の値は、室温のBsと良い一致を示しており、本式が有効であり、本式の値を0.3～1.2とすることで、従来の軟磁性膜よりも低い、0.3～1.2TのBsを有する合金が得られることが確認される。なお、比較例No. 25、26のように $Fe\% / (Fe$

%+C o %) が大きく本発明範囲から外れる組成においては、本式は有効ではない。

[0029] 次に、本発明例N o. 7～16は、 $Fe\% / (Fe\% + Co\%)$ を0.3に固定した上で、 $B_s$ を低下させるTNMを13～27に変化させ、室温の $B_s$ を0.34～1.18まで変化させた試料である。これら試料の $H_k$ は $B_s$ とともに変化しており、従来より知られていた「高 $B_s$ で高 $H_k$ が得られる現象」が、本発明のような1.2T未満の従来より低い $B_s$ 範囲においても認められる。

[0030] ここで、本発明の重要な点を本発明例、比較例で示す。本発明例N o. 3、5、6、12、18、21および比較例N o. 23～29は、いずれも室温で従来の軟磁性膜より低い0.7T前後の $B_s$ を示す。しかしながら、本発明例N o. 3、5、6、12、18、21の $H_k$ は550A/m以上と大きいのに対し、比較例N o. 23～29の $H_k$ は90A/m以下と著しく低く、150℃で $B_s$ がほぼゼロとなる比較例N o. 26の $H_k$ は極端に低い。

[0031] 更に、これら試料の $H_k$ の大きさは明らかに $Fe\% / (Fe\% + Co\%)$ と逆の相関があり、 $B_s$ 比と正の相関が認められる。この現象についての理由は定かではないが、薄膜はスパッタ時にも外部からの磁場を受けていることから、150℃前後の温度で成膜される際の磁化挙動の影響があるものと推測される。このように、従来から知られていた「高 $B_s$ で高 $H_k$ が得られる現象」の他に、「大きな $B_s$ 比とすることで高 $H_k$ が得られる」ことを見出した。また、 $Fe\% / (Fe\% + Co\%)$ を低く設定することで、 $B_s$ 比の高い合金が得られることも併せて明らかとした。

[0032] 以降、個々の比較例について説明する。比較例N o. 23～29は、いずれも $Fe\% / (Fe\% + Co\%)$ が0.50を超えているため、 $B_s$ 比が低く、 $H_k$ が低い。比較例N o. 30～32は非晶質促進元素の合計が低いため、X線回折の結果、結晶ピークが認められた。比較例N o. 33は、室温の $B_s$ が低いため、 $B_s$ 比が低く、 $H_k$ が低い。

[0033] さらに、比較例No. 34、35について詳細に説明する。本発明例No. 7、10、12および比較例No. 34、35の薄膜中央に直径1mm、長さ10mmの棒状フェライト磁石の端部を接触させた後に取り去り、フェライト磁石を接触させていた位置から10mm離れた薄膜表面にて、ガウスメータにより残留磁化を測定したところ、本発明例No. 12の残留磁化を1.0とすると、本発明例No. 10が1.2、本発明例No. 7が1.5、比較例No. 34、35はともに2.5であった。このように、比較例No. 34、35は室温での $B_s$ が高いため、外部磁場を取り去った後も広い範囲に磁気的な影響を及ぼしており、「書き滲み」が大きいことを示している。

[0034] これに対し、本発明例No. 1～22は、室温の $B_s$ が0.3～1.2Tと従来の垂直磁気記録媒体における軟磁性膜よりも低く、かつ、室温の $B_s$ に対する150℃の $B_s$ の比率が高いため、高い $H_k$ を有していることがわかる。

## 請求の範囲

[請求項1] 垂直磁気記録媒体内の軟磁性薄膜層に用いる合金であって、前記合金が、a t %で、

T i, Z r, H f, V, N b, T a, C r, M o, W, M n, N i, C u, A l, B, C, S i, P, Z n, G a, G e, S nを1種または2種以上、残部C o、F eおよび不可避免的不純物からなり、下記の式(1)～(3)：

$$(1) 0 \leq F e \% / (F e \% + C o \%) \leq 0.5$$

$$(2) 5 \leq T i \% + Z r \% + H f \% + V \% + N b \% + T a \% + B \% / 2$$

$$(3) 0.3 \leq 0.813 \times F e \% / (F e \% + C o \%) - 0.062 \times T N M + 1.751 \leq 1.2$$

(式中、 $F e \% / (F e \% + C o \%)$ は、F eの含有量とF eとC oを合計した含有量の比であり、TNMは、T i, Z r, H f, V, N b, T a, C r, M o, W, M n, N i, C u, A l, B, C, S i, P, Z n, G a, G e, S nの添加量の合計%であるが、Bのみ1/2倍の値を用いたものである)を全て満たす、合金。

[請求項2] 前記合金が、T i, Z r, H f, V, N b, T a, C r, M o, W, M n, N i, C u, A l, B, C, S i, P, Z n, G a, G e, S nを1種または2種以上、残部C o、F eおよび不可避免的不純物のみから実質的になる、請求項1に記載の合金。

[請求項3] 前記合金が、T i, Z r, H f, V, N b, T a, C r, M o, W, M n, N i, C u, A l, B, C, S i, P, Z n, G a, G e, S nを1種または2種以上、残部C o、F eおよび不可避免的不純物のみからなる、請求項1に記載の合金。

[請求項4] 請求項1に記載の合金からなる軟磁性薄膜層。

[請求項5] 請求項1に記載の軟磁性薄膜層を有する垂直磁気記録媒体。

[請求項6] 請求項1に記載の合金からなるスパッタリングターゲット材。

[請求項7]           請求項6に記載のスputタリングターゲット材から成膜された軟磁性薄膜層。

[請求項8]           請求項7に記載の軟磁性薄膜層を有する垂直磁気記録媒体。