

明 細 書

発明の名称：N i 系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体 技術分野

[0001] 本発明は、磁気記録媒体のシード層用N i 系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体に関する。

背景技術

[0002] 従来、ハードディスクドライブの磁気記録の高密度化を実現する技術として、垂直磁気記録方式が採用されている。垂直磁気記録方式で情報を記憶する垂直磁気記録媒体は、一般に、ガラスなどの基板上に、軟磁性裏打ち層、制御下地層、磁気情報を記録する磁気記録層、及び、カーボン保護層が順次積層された多層構造を有する。制御下地層は、磁気記録層の配向性を制御するシード層を含む。シード層は、媒体面と平行な（1 1 1）面を持つ面心立方格子構造（f c c 構造）を有し、磁気記録層の磁性膜の磁化容易軸を媒体面に対して垂直に配向させる。

[0003] 近年、ハードディスクドライブの磁気記録特性を改善するために、シード層に磁性を持たせることが検討されている。特許文献1では、磁性を有するシード層用合金として、F e - N i - C o - M系合金が提案されている。

[0004] 一般的に、シード層の成膜にはマグネトロンスパッタリング法が用いられる。マグネトロンスパッタリング法とは、スパッタリングターゲットの背後に磁石を配置し、スパッタリングターゲットの表面の漏洩磁束領域にプラズマを収束させ、アルゴン原子がスパッタリングターゲットに衝突する確率（スパッタ率）を高めることにより、基板への付着スピードを高めたスパッタリング法である。磁性を有するシード層を形成するためのスパッタリングターゲットには、当該ターゲットの表面に漏洩磁束領域を形成するために必要十分な低い磁性（飽和磁束密度及び透磁率）が要求される一方で、前述の磁気記録特性を改善するために十分に高い磁性が要求される。

[0005] このような要求に対して、特許文献1では、スパッタリングターゲットと

しては漏洩磁束が得られる程度に十分に低い磁性を有し、且つ、スパッタリング膜としてはシード層として十分に高い磁性を有する材料が提案されている。特許文献1のFe-Ni-Co-M系合金は、Fe-Ni系合金ではFe-30at.%Ni近傍の組成（Feに対してNiを25～35at.%含有する組成）で飽和磁束密度Bsが極小となる特性を利用して、スパッタリングターゲットの組織制御を行うことでターゲット自身の飽和磁束密度を低減している。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第6254295号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] Fe-30at.%Ni合金の飽和磁束密度Bsは、Ni量に対して敏感に変動する。そのため、Fe-30at.%Ni合金領域を有するスパッタリングターゲットでは、Fe-30at.%Ni合金領域内におけるNi量の微量なばらつきや、Fe-30at.%Ni合金領域と他の領域との境界部におけるNiの拡散状況によって、磁性分布にミクロ的な偏りが生じ易い。スパッタリングターゲットにおいて磁性の偏りが生じると、スパッタ時にターゲット部位による放電性に偏りが生じ、高いスパッタ率が得られないおそれがある。

[0008] 本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、スパッタリングターゲットとして十分に強い漏洩磁束が得られ、磁気記録媒体のシード層としての磁性を有し、且つ、スパッタリングターゲット内部の磁性分布の偏りが小さく高いスパッタ率が得られる磁気記録媒体のシード層用Ni系スパッタリングターゲット、及び、このNi系スパッタリングターゲットを用いて形成されたシード層を有する磁気記録媒体を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一態様に係るNi系スパッタリングターゲットは、添加元素Mと、Fe及びCoのうちの少なくとも1種の元素とを含有し、残部がNi及び不可避免的不純物からなるFe-Ni-Co-M系合金からなるNi系スパッタリングターゲットであって、前記添加元素Mは、W、Mo、Ta、Cr、V及びNbからなる第1の群より選択される1種又は2種以上のM1元素を含み、前記Fe-Ni-Co-M系合金のミクロ組織はNiの含有量が異なる複数の領域からなり、各領域に前記添加元素Mが存在し且つその存在形態が、前記添加元素Mが固溶のみ、Fe、Ni及びCoのうちの少なくとも1種の元素と前記添加元素Mとの化合物のみ、又は前記固溶と前記化合物の両方であることを特徴としている。

[0010] 本発明の一態様に係る磁気記録媒体は、添加元素Mと、Fe及びCoのうちの少なくとも1種の元素とを含有し、残部がNi及び不可避免的不純物からなるFe-Ni-Co-M系合金からなるシード層を有する磁気記録媒体であって、前記添加元素Mは、W、Mo、Ta、Cr、V及びNbからなる第1の群より選択される1種又は2種以上のM1元素を含み、前記Fe-Ni-Co-M系合金のミクロ組織はNiの含有量が異なる複数の領域からなり、各領域に前記添加元素Mが存在し且つその存在形態が、前記添加元素Mが固溶のみ、Fe、Ni及びCoのうちの少なくとも1種の元素と前記添加元素Mとの化合物のみ、又は前記固溶と前記化合物の両方であることを特徴としている。

[0011] 上記Ni系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体において、前記複数の領域は第1領域、第2領域及び第3領域を含み、各領域内のFe、Ni及びCoの含有量[at. %]の合計量を100としたときに、前記第1領域のNiの含有量は0以上20以下であり、前記第2領域のNiの含有量は80以上100以下であり、前記第3領域のNiの含有量は20より多く80未満であってよい。

[0012] 上記Ni系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体において、前記Fe-Ni-Co-M系合金は、Fe、Ni及びCoの含有量[at. %]の

合計量を100としたときに、Feの含有量は0以上50以下であり、Niの含有量は20以上98以下であり、Coの含有量は0以上40以下であり、前記M1元素の合計含有量は2at.%以上20at.%以下であってよい。

[0013] 上記Ni系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体において、前記添加元素Mは、Al, Ga, In, Si, Ge, Sn, Zr, Ti, Hf, B, Cu, P, C, Re及びRuからなる第2の群より選択される1種又は2種以上のM2元素をさらに含んでもよい。

[0014] 上記Ni系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体において、前記M2元素の合計含有量は0at.%より多く10at.%以下であってよい。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、スパッタリングターゲットとして十分に強い漏洩磁束が得られ、磁気記録媒体のシード層としての磁性を有し、且つ、スパッタリングターゲット内部の磁性分布の偏りが小さく安定したスパッタリングができる磁気記録媒体のシード層用スパッタリングターゲット、及び、このスパッタリングターゲットを用いて形成されたシード層を有する磁気記録媒体を提供することができる。

発明を実施するための形態

[0016] 本発明に係るNi系スパッタリングターゲット及び磁気記録媒体のシード層は、 $Fe_x-Ni_y-Co_z-M$ 系合金からなる。Ni系スパッタリングターゲットは、マグネトロンスパッタリングでの使用に適する。 $Fe_x-Ni_y-Co_z-M$ 系合金は、添加元素Mと、Fe及びCoのうちの少なくとも1種の元素とを含有し、残部がNi及び不可避免的不純物からなる。以下、Fe、Ni及びCoを、便宜的に、 $Fe-Ni-Co-M$ 系合金のベース元素と称する。組成式 $Fe_x-Ni_y-Co_z-M$ において、xは合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するFeの含有量[at.%]の割合を表し、yは合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するNiの含有量[at.%]の割合を表し、zは合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]の割合を表し、

[at. %] に対する Co の含有量 [at. %] の割合を表す。なお、本明細書において、 $Fe_x-Ni_y-Co_z-M$ 系合金を「 $Fe-Ni-Co-M$ 系合金」と表す場合がある。

[0017] $Fe_x-Ni_y-Co_z-M$ 系合金において、 $x+y+z=100$ としたとき、 x (Fe の割合) は 0 以上 50 以下、 y (Ni の割合) は 20 以上 98 以下、かつ、 z (Co の割合) は 0 以上 40 以下であることが好ましい。 $Fe_x-Ni_y-Co_z-M$ 系合金において、 $Fe:Ni:Co=0\sim50:98\sim20:0\sim40$ とすることにより、当該合金から成るスパッタリングターゲットを用いて成膜されたスパッタリング膜の結晶構造は fcc 構造となる。

[0018] x は、さらに好ましくは 2 以上 45 以下、さらに一層好ましくは 5 以上 40 以下である。 y は、さらに好ましくは 40 以上 98 以下、さらに一層好ましくは 45 以上 75 以下である。 z は、さらに好ましくは 0 以上 30 以下である。

[0019] 添加元素 M は、M1 元素を含む。添加元素 M は、M2 元素をさらに含んでもよい。

[0020] M1 元素は、W, Mo, Ta, Cr, V 及び Nb からなる第 1 の群より選択される 1 種又は 2 種以上の元素である。M1 元素は、高融点を持つ bcc 系金属である。M1 元素を本発明で規定する成分範囲で $Fe-Ni-Co-M$ 系合金に添加することにより、そのメカニズムは明確ではないが、シード層に求められる立方格子の (111) 面への配向性を改善させることができるとともに、結晶粒を微細化させることができる。M1 元素の合計含有量が 2 at. % 未満ではその効果が十分でない。シード層用合金としては fcc 単相であることが求められるが、M1 元素の合計含有量が 20 at. % を超えると、アモルファス化する。このような観点から、 $Fe-Ni-Co-M$ 系合金中の M1 元素の合計含有量は、好ましくは 2 at. % 以上 20 at. % 以下、さらに好ましくは 2 at. % 以上 15 at. % 以下、さらに一層好ましくは 3 at. % 以上 12 at. % 以下である。

[0021] M1 元素のうち、(111) 面の配向に効果が高い元素は、W 及び Mo で

ある。したがって、Fe-Ni-Co-M系合金は、W及びMoのうちの少なくとも1種を必須成分として含有することが好ましい。この場合、Fe-Ni-Co-M系合金は、W及びMoのうちの少なくとも1種に加えて、Cr, Ta, V及びNbのうちの少なくとも1種を含有してもよい。Niと組み合わせる高融点bcc金属(W, Mo, Ta, Cr, V及びNb)のうち、Mo及びWはCrに比べ融点が高く有利である。また、W及びMoの添加は、Ta, V及びNbの添加と比較して、アモルファス性を高める方向に作用しないため、シード層に求められるfcc相形成に有利である。Crは、望ましくは5at. %を超えて添加され、5at. %を超えて添加される場合には配向性の点で有利となる。

[0022] M2元素は、Al, Ga, In, Si, Ge, Sn, Zr, Ti, Hf, B, Cu, P, C, Re及びRuからなる第2の群より選択される1種又は2種以上の元素である。M2元素は、立方格子の(111)面を配向させる元素であり、また、結晶粒を微細化する元素である。そのため、M2元素は、任意成分であるが、Fe-Ni-Co-M系合金は少なくとも1種のM2元素を含有することが好ましい。Fe-Ni-Co-M系合金中のM2元素の合計含有量が10at. %を超えると、アモルファス化するおそれがある。このような観点から、Fe-Ni-Co-M系合金中のM2元素の合計含有量は、好ましくは0at. %より多く10at. %以下、さらに好ましくは0at. %より多く5at. %以下である。

[0023] Fe-Ni-Co-M系合金は、 $Fe_{\alpha}-Ni_{\beta}-Co_{\gamma}$ 相を含むミクロ組織を有する。ミクロ組織は、Niの含有量が異なる複数の領域からなる。複数の領域は、第1領域、第2領域及び第3領域を含む。各領域には、添加元素Mが存在する。

[0024] 組成式 $Fe_{\alpha}-Ni_{\beta}-Co_{\gamma}$ において、 α は $Fe_{\alpha}-Ni_{\beta}-Co_{\gamma}$ 相におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するFeの含有量[at. %]の割合を表し、 β は $Fe_{\alpha}-Ni_{\beta}-Co_{\gamma}$ 相におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するNiの含有量[at. %]の割合を表し、 γ は $Fe_{\alpha}-$

$\text{Ni}_\beta - \text{Co}_\gamma$ 相におけるベース元素の合計含有量 [a t. %] に対する Co の含有量 [a t. %] の割合を表す。ミクロ組織の同定は、X線回折、光学顕微鏡等を使用して行うことができる。

[0025] 第1領域、第2領域及び第3領域の各領域内の Fe 、 Ni 及び Co の含有量 [a t. %] の合計量を 100 ($\alpha + \beta + \gamma = 100$) としたとき、第1領域の Ni の含有量は 0 以上 20 以下 (β が 0 以上 20 以下) であり、第2領域の Ni の含有量は 80 以上 100 以下 (β が 80 以上 100 以下) であり、第3領域の Ni の含有量は 20 より多く 80 未満 (β が 20 より多く 80 未満) であることが好ましい。 Ni の割合 (β) が 0 以上 20 以下である第1領域では飽和磁束密度 B_s が高く、 Ni の割合 (β) が 80 以上 100 以下である第2領域では飽和磁束密度 B_s が低い。第3領域は、第1領域及び第2領域の拡散層である。

[0026] ミクロ組織において、各領域における添加元素 M の存在形態は、添加元素 M が固溶のみ、 Fe 、 Ni 及び Co のうちの少なくとも 1 種の元素と添加元素 M との化合物のみ、又は固溶と化合物の両方である。

[0027] $M1$ 元素は $\text{Fe} - \text{Ni} - \text{Co} - M$ 系合金の必須成分であるから、ミクロ組織は、 $\text{Fe}_\alpha - \text{Ni}_\beta - \text{Co}_\gamma$ 相に固溶した $M1$ 元素、及び／又は、ベース元素と化合物を形成した $M1$ 元素を含む。これにより、 $\text{Fe} - \text{Ni} - \text{Co} - M$ 系合金の磁性を低減させることができる。 $\text{Fe} - \text{Ni} - \text{Co} - M$ 系合金が本発明の範囲で $M1$ 元素を含有することにより、 $\text{Fe}_\alpha - \text{Ni}_\beta - \text{Co}_\gamma$ 相に $M1$ 元素を固溶させることができる、及び／又は、ベース元素と $M1$ 元素との化合物を形成させることができる。 $\text{Fe} - \text{Ni} - \text{Co} - M$ 系合金において、 $M1$ 元素の合計含有量が 2 a t. % 未満であると、固溶の効果あるいは化合物形成元素としての効果が十分ではなく、 $M1$ 元素の合計含有量が 20 a t. % を超えると、化合物が増加して脆くなる。このような観点から、 $M1$ 元素の合計含有量は、好ましくは 2 a t. % 以上 20 a t. % 以下、さらに好ましくは 2 a t. % 以上 15 a t. % 以下、さらに一層好ましくは 3 a t. % 以上 12 a t. % 以下である。

- [0028] $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金が添加元素MとしてM2元素を含有する場合、ミクロ組織は、 $\text{Fe}_{\alpha}-\text{Ni}_{\beta}-\text{Co}_{\gamma}$ 相に固溶したM2元素、及び／又は、ベース元素と化合物を形成したM2元素を含む。これにより、 $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金の磁性を低減させることができる。 $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金が本発明の範囲でM2元素を含有することにより、 $\text{Fe}_{\alpha}-\text{Ni}_{\beta}-\text{Co}_{\gamma}$ 相にM2元素を固溶させることができる、及び／又は、ベース元素とM2元素との化合物を形成させることができる。 $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金において、M2元素の合計含有量が1at.%未満であると、固溶の効果あるいは化合物形成元素としての効果が十分ではなく、M2元素の合計含有量が10at.%を超えると、化合物が増加して脆くなる。このような観点から、M2元素の合計含有量は、好ましくは0at.%より多く10at.%以下、さらに好ましくは0at.%より多く5at.%以下である。
- [0029] $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金は、 $\text{Fe}_{\alpha 1}-\text{Co}_{\gamma 1}-\text{Ni}_{\beta 1}-\text{M}$ 系合金粉末（原料粉末A）、 $\text{Ni}_{\beta 2}-\text{Co}_{\gamma 2}-\text{Fe}_{\alpha 2}-\text{M}$ 系合金粉末（原料粉末B）、及びその他の原料粉末を所定の比率で混合し、混合粉末を加圧焼結することにより製造することができる。その他の原料粉末としては、目的組成に足りない元素を補う純金属粉末、及び／又は、合金粉末を使用することができる。混合粉末の加圧焼結には、例えば、ホットプレス、熱間静水圧プレス（HIP）、通電加圧焼結、熱間押し出しなどを適用することができる。この $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金を、機械加工により最終形状とすることにより、Ni系スパッタリングターゲットを製造することができる。
- [0030] 組成式 $\text{Fe}_{\alpha 1}-\text{Co}_{\gamma 1}-\text{Ni}_{\beta 1}-\text{M}$ において、 $\alpha 1$ は原料粉末Aの合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するFeの含有量[at.%]の割合を表し、 $\beta 1$ は原料粉末Aの合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するNiの含有量[at.%]の割合を表し、 $\gamma 1$ は原料粉末Aの合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するCoの含有量[at.%]の割合を表す。 $\text{Fe}_{\alpha}-\text{Ni}_{\beta}-\text{Co}_{\gamma}$ 相のミクロ組織が、 β が0以上20以下である第1領域を備えるために、 $\beta 1$ は0以上20以

下とする。つまり、 $\text{Fe}_{\alpha}-\text{Ni}_{\beta}-\text{Co}_{\gamma}$ 相の第1領域は原料粉末Aの $\text{Fe}_{\alpha 1}-\text{Co}_{\gamma 1}-\text{Ni}_{\beta 1}-\text{M}$ 系合金粉末に由来する。

[0031] 組成式 $\text{Ni}_{\beta 2}-\text{Co}_{\gamma 2}-\text{Fe}_{\alpha 2}-\text{M}$ において、 $\alpha 2$ は原料粉末Bの合金におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するFeの含有量[at. %]の割合を表し、 $\beta 2$ は原料粉末Bの合金におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するNiの含有量[at. %]の割合を表し、 $\gamma 2$ は原料粉末Bの合金におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するCoの含有量[at. %]の割合を表す。 $\text{Fe}_{\alpha}-\text{Ni}_{\beta}-\text{Co}_{\gamma}$ 相のミクロ組織が、 β が80以上100以下である第2領域を備えるために、 $\beta 2$ は80以上100以下とする。つまり、 $\text{Fe}_{\alpha}-\text{Ni}_{\beta}-\text{Co}_{\gamma}$ 相の第2領域は原料粉末Bの $\text{Ni}_{\beta 2}-\text{Co}_{\gamma 2}-\text{Fe}_{\alpha 2}-\text{M}$ 系合金粉末に由来する。

[0032] 上記のように製造されたNi系スパッタリングターゲットは、垂直磁気記録媒体のシード層の成膜に利用される。垂直磁気記録媒体におけるシード層は、Ni系スパッタリングターゲットを用いたマグネトロンスパッタリング法で、上述した $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金を成膜することによって形成できる。このように形成された垂直磁気記録媒体のシード層は、上述した $\text{Fe}-\text{Ni}-\text{Co}-\text{M}$ 系合金からなる。

実施例

[0033] 以下、実施例によって本発明の効果が明らかにされる。但し、これらの実施例の記載に基づいて本発明が限定的に解釈されるべきではない。

[0034] [ターゲット試料の作成方法]

原料粉末として、 $\text{Fe}-\text{Co}-\text{Ni}-\text{M}$ 系合金粉末（原料粉末A）、 $\text{Ni}-\text{Co}-\text{Fe}-\text{M}$ 系合金粉末（原料粉末B）、及びその他の原料粉末をガスアトマイズ法によって作製した。ガスアトマイズ法は、ガス種類がアルゴンガス、ノズル径が6mm、ガス圧が5MPaの条件で行った。作製した合金粉末のうち、500 μm 以下に分級した粉末を使用した。なお、その他の原料粉末である純物質の粉末はアトマイズ法以外の製法によるものでもかまわない。また、粉末の作製は、ガスアトマイズ法だけでなく、水アトマイズ法

、回転ディスク式アトマイズ法などを用いてもよい。

[0035] 表1～3に示すFe-Ni-Co-M系合金組成を満たすように、上述した方法で作製した、Fe-Co-Ni-M系合金粉末（原料粉末A）、Ni-Co-Fe-M系合金粉末（原料粉末B）、及びその他の原料粉末を混合し、SC材質からなる封入缶に充填して、到達真空度 10^{-1} Pa以上で脱気真空封入した後、加圧焼結方法にて、温度800～1200℃、圧力100MPa以上、保持時間5時間の条件で成形体を作製し、次いで機械加工により最終形状として外径165～180mm、厚み3～10mmのターゲット試料を得た。原料粉末の混合はV型混合機を用い、混合時間は1時間とした。なお、混合粉末の加圧焼結方法としては、ホットプレス、熱間静水圧プレス、通電加圧焼結、熱間押し出しなどを用いてよい。

[0036] 表1～3において、「成分組成」はFe-Ni-Co-M系合金の成分組成を表す。「成分組成」の「Fe」、「Ni」及び「Co」は、それぞれ、Fe-Ni-Co-M系合金におけるベース元素（即ち、Fe、Ni及びCoからなる第3の群より選択される1種又は2種以上元素）の合計含有量[at. %]に対するFeの含有量[at. %]の割合、Niの含有量[at. %]の割合、Coの含有量[at. %]の割合を表す。「Fe」+「Ni」+「Co」は100である。「原料粉末A」中の「Fe」、「Ni」及び「Co」は、それぞれ、原料粉末Aにおけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するFeの含有量[at. %]の割合、Niの含有量[at. %]の割合、Coの含有量[at. %]の割合を表す。「原料粉末A」中の「Fe」+「Ni」+「Co」は100である。「原料粉末B」中の「Fe」、「Ni」及び「Co」は、それぞれ、原料粉末Bにおけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するFeの含有量[at. %]の割合、Niの含有量[at. %]の割合、Coの含有量[at. %]の割合を表す。「原料粉末B」中の「Fe」+「Ni」+「Co」は100である。Fe-Ni-Co-M系合金におけるベース元素の合計含有量[at. %]は、100at. %からFe-Ni-Co-M系合金におけるM1元素の合計含有量[at. %]

t. %] を差し引くことにより求められる。原料粉末 A 及び原料粉末 B もこれと同様である。

[0037]

[表1]

表 1		(注) 表中の空欄は添加元素がないことを示す。																
		成分組成						原料粉末 A						原料粉末 B				
		No.	Fe	Ni	Co	M1	M2	Fe	Ni	Co	M1	M2	Fe	Ni	Co	M1	M2	
実 施 例		1	2	98		Mo:3		100			Mo:3		100			Mo:3		
		2	50	50		Mo:3		100			Mo:3		100			Mo:3		
		3	25	75		W:5	Al:2	100			W:5	Al:2		100			W:5	Al:2
		4	33	67		W:5	Al:2	100			W:5	Al:2		100			W:5	Al:2
		5	28	72		W:5	Ru:3	100			W:5	Ru:3		100			W:5	Ru:3
		6	33	67		W:4	Al:2	100			W:4	Al:2		100			W:4	Al:2
		7	30	40	30	Ta:3	Si:1	60		40	Ta:3	Si:1		80	20	20	Ta:3	Si:1
		8	20	40	40	Nb:5		40		60	Nb:5			80	20	20	Nb:5	
		9	33	67		Nb:5	Re:5	100			Nb:5	Re:5		100			Nb:5	Re:5
		10	40	45	15	V:8		70	10	20	V:8			80	10	10	V:8	
		11	5	55	40	Cr:5	Ga:2	20	20	60	Cr:5	Ga:2		80	20	20	Cr:5	Ga:2
		12	40	20	40	Ta:4	Ga:2 Sn:1	50		50	Ta:4	Ga:2 Sn:1		100			Ta:4	Ga:2 Sn:1
		13	33	67		W:3	In:2	100			W:3	In:2		100			W:3	In:2
		14	25	75		W:5	Zr:2 Ge:1	100			W:5	Zr:2 Ge:1		100			W:5	Zr:2 Ge:1
		15	25	75		V:3	Ti:2 Cu:3	100			V:3	Ti:2 Cu:3		100			V:3	Ti:2 Cu:3
		16	20	40	40	Nb:5	Hf:3 B:4	40		60	Nb:5	Hf:3 B:4		80	20	20	Nb:5	Hf:3 B:4
		17	33	67		Nb:2	Re:5 P:4	100			Nb:2	Re:5 P:4		100			Nb:2	Re:5 P:4
		18	30	40	30	Ta:3	C:1	60		40	Ta:3	C:1		80	20	20	Ta:3	C:1
		19	25	75		V:2		100			V:2			100			V:2	
		20	40	45	15	W:2		70	10	20	W:2			80	10	10	W:2	

[0038] [表2]

表 2

(注) 表中の空欄は添加元素がないことを示す。

No.	成分組成						原料粉末 A						原料粉末 B					
	Fe	Ni	Co	M1	M2		Fe	Ni	Co	M1	M2		Fe	Ni	Co	M1	M2	
21	5	55	40	Ta:2			20	20	60	Ta:2				80	20	Ta:2		
22	33	67		Cr:2			100			Cr:2				100		Cr:2		
23	33	67		Nb:2			100			Nb:2				100		Nb:2		
24	25	75		V:2			100			V:2				100		V:2		
25	40	45	15	W:2			70	10	20	W:2			10	80	10	W:2		
26	5	55	40	Ta:2			20	20	60	Ta:2				80	20	Ta:2		
27	33	67		Cr:2			100			Cr:2				100		Cr:2		
28	33	67		Nb:2			100			Nb:2				100		Nb:2		
29	25	75		V:20			100			V:20				100		V:20		
30	40	45	15	W:20			70	10	20	W:20			10	80	10	W:20		
31	5	55	40	Ta:20			20	20	60	Ta:20				80	20	Ta:20		
32	33	67		Cr:20			100			Cr:20				100		Cr:20		
33	33	67		Nb:20			100			Nb:20				100		Nb:20		
34	33	67		Cr:2	Al:1		100			Cr:2	Al:1			100		Cr:2	Al:1	
35	33	67		Cr:2	Ga:1		100			Cr:2	Ga:1			100		Cr:2	Ga:1	
36	33	67		Cr:2	In:1		100			Cr:2	In:1			100		Cr:2	In:1	
37	33	67		Cr:2	Si:1		100			Cr:2	Si:1			100		Cr:2	Si:1	
38	33	67		Cr:2	Ge:1		100			Cr:2	Ge:1			100		Cr:2	Ge:1	
39	33	67		Cr:2	Sn:1		100			Cr:2	Sn:1			100		Cr:2	Sn:1	
40	33	67		Cr:2	Zr:1		100			Cr:2	Zr:1			100		Cr:2	Zr:1	
41	33	67		Cr:2	Ti:1		100			Cr:2	Ti:1			100		Cr:2	Ti:1	
42	33	67		Cr:2	Hf:1		100			Cr:2	Hf:1			100		Cr:2	Hf:1	
43	33	67		Cr:2	B:1		100			Cr:2	B:1			100		Cr:2	B:1	
44	33	67		Cr:2	Cu:1		100			Cr:2	Cu:1			100		Cr:2	Cu:1	
45	33	67		Cr:2	P:1		100			Cr:2	P:1			100		Cr:2	P:1	
46	33	67		Cr:2	Cu:1		100			Cr:2	Cu:1			100		Cr:2	Cu:1	
47	33	67		Cr:2	Re:1		100			Cr:2	Re:1			100		Cr:2	Re:1	

実施例

[0039] [表3]

表 3		(注) 表中の空欄は添加元素がないことを示す。														
		成分組成					原料粉末 A					原料粉末 B				
		Fe	Ni	Co	M1	M2	Fe	Ni	Co	M1	M2	Fe	Ni	Co	M1	M2
実 施 例	48	33	67		Cr:2	Ru:1	100			Cr:2	Ru:1		100		Cr:2	Ru:1
	49	40	45	15	W:2	Al:1	100			W:2	Al:1		100		W:2	Al:1
	50	40	45	15	W:2	Ga:10	100			W:2	Ga:10		100		W:2	Ga:10
	51	40	45	15	W:2	In:10	100			W:2	In:10		100		W:2	In:10
	52	40	45	15	W:2	Si:10	100			W:2	Si:10		100		W:2	Si:10
	53	40	45	15	W:2	Ge:10	100			W:2	Ge:10		100		W:2	Ge:10
	54	40	45	15	W:2	Sn:10	100			W:2	Sn:10		100		W:2	Sn:10
	55	40	45	15	W:2	Zr:10	100			W:2	Zr:10		100		W:2	Zr:10
	56	40	45	15	W:2	Ti:10	100			W:2	Ti:10		100		W:2	Ti:10
	57	40	45	15	W:2	Hf:10	100			W:2	Hf:10		100		W:2	Hf:10
	58	40	45	15	W:2	B:10	100			W:2	B:10		100		W:2	B:10
	59	40	45	15	W:2	Cu:10	100			W:2	Cu:10		100		W:2	Cu:10
	60	40	45	15	W:2	P:10	100			W:2	P:10		100		W:2	P:10
	61	40	45	15	W:2	Cu:10	100			W:2	Cu:10		100		W:2	Cu:10
	62	40	45	15	W:2	Re:10	100			W:2	Re:10		100		W:2	Re:10
	63	40	45	15	W:2	Ru:10	100			W:2	Ru:10		100		W:2	Ru:10
比 較 例	64	33	67		W:5	Al:22	100			W:5	Al:22		100		W:5	Al:22
	1	33	67		Cr:2	Zr:1	79	21		Cr:2	Zr:1		100		Cr:2	Zr:1
	2	52	48		W:5	Al:2	100			W:5	Al:2		100		W:5	Al:2
	3	82	18		W:5	Al:2	100			W:5	Al:2		100		W:5	Al:2
	4		100		W:5	Al:2				W:5	Al:2		100		W:5	Al:2
	5		58	42	W:5	Al:2			100	W:5	Al:2		100		W:5	Al:2
	6	33	67		W:1	Al:2	100			W:1	Al:2		100		W:1	Al:2
	7	33	67		Nb:22	Al:2	100			Nb:22	Al:2		100		W:5	Al:2
	8	33	67		Cr:2	Zr:1	80	20		Cr:2	Zr:1	22	78		Cr:2	Zr:1

[0040] [ターゲット試料の透磁率の測定及び評価方法]

作製したターゲット試料の透磁率の測定に当たって、外径15mm、内径10mm、高さ5mmのリング試験片を製作し、BHトレーサーを用いて、8kA/mの印加磁場にて最大透磁率(emu)を測定した。表4～6において、最大透磁率が500emu以下を「G1(Grade1)」、500emu超～1000emuを「G2(Grade2)」、1000emuを超えるものを「G3(Grade3)」とした。なお、最大透磁率に関し、G1は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして特に好適であり、G2は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして好適であり、G3は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして不適である。

[0041] [ターゲット試料の漏洩磁束の測定及び評価方法]

作製したターゲット試料の漏洩磁束(Pass-Through-Flux、以下「PTF」と記す。)の測定に当たっては、ターゲット試料の裏面に永久磁石を配置し、ターゲット試料の表面に漏洩する磁束を測定した。この方法は、マグネトロンスパッタ装置に近い状態の漏洩磁束を定量的に測定することができる。実際の測定は、ASTM F2806-01(Standard Test Method for Pass Through Flux of Circular Magnetic Sputtering Targets Method 2)に基づいて行い、次式よりPTFを求めた。

$$(PTF) = 100 \times (\text{ターゲット試料を置いた状態での磁束の強さ}) \div (\text{ターゲット試料を置かない状態での磁束の強さ}) (\%)$$

表4～6において、PTFが10%以上を「G1(Grade1)」、10%未満を「G2(Grade2)」とした。なお、PTFに関し、G1は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして好適であり、G2は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして不適である。

[0042] [ターゲット試料内の磁性のばらつきの測定及び評価方法]

上記PTFの測定を同一円周上で30度間隔で12点行い、その最大値と

最小値の差分を計算し、その差分値でターゲット試料内の磁性のばらつきを評価した。差分値が3%以下を「G1 (Grade 1)」、10%以下を「G2 (Grade 2)」、10%以上を「G3 (Grade 3)」とした。G1は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして特に好適であり、G2は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして好適であり、G3は、本発明のNi系スパッタリングターゲットとして不適である。

[0043] [スパッタ膜の観察]

作製したターゲット試料をスパッタリングターゲットとして、マグネトロンスパッタリング法で基板上にスパッタリング膜を成膜した。このスパッタリング膜は、垂直磁気記録媒体のシード層を模擬したものである。各ターゲット試料で成膜したスパッタリング膜に対し、X線回折分析装置を用いてX線回折分析を行うことにより、スパッタリング膜のマイクロ組織におけるM元素の存在形態、及び、スパッタリング膜の結晶構造を解析した。また、各ターゲット試料で成膜したスパッタリング膜に対し、顕微鏡観察を行うことにより、スパッタリング膜の割れの有無を観察した。また、透過電子顕微鏡 (TEM) で撮像した組織写真から、画像解析を基にスパッタリング膜の結晶粒径を算出した。ここで、画像に含まれる結晶の楕円形の像の長径と短径を測定し、その平均径を粒径とし、組織画像の所定範囲に含まれる複数の結晶の粒径の平均値を「結晶粒径」とした。結晶粒径が20nm以下のものを「G1 (Grade 1)」、20nmより大きいものを「G2 (Grade 2)」とした。

[0044] 表4～6に、実施例1～64及び比較例1～8のターゲット試料及びスパッタリング膜について、各種の観察結果及び評価結果を示す。

[0045]

[表4]

表 4

No		ターゲット試料					スパッタリング膜		
		M 元素の存在形態		最大透磁率	PTF	PTFばらつき	結晶構造	割れの有無	結晶粒径
		第一領域	第二領域						
実施例	1	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	2	固溶体	固溶体	G2	G1	G2	fcc	無し	G1
	3	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	4	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	5	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	6	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	7	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	8	固溶体	固溶体	G2	G1	G1	fcc	無し	G1
	9	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	10	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	11	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	12	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	13	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	14	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	15	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	16	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G2	G1	G1	fcc	無し	G1
	17	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	18	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	19	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	20	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	21	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	22	固溶体	固溶体	G2	G1	G2	fcc	無し	G1
	23	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	24	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	25	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	26	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	27	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	28	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G2	G1	G2	fcc	無し	G1
	29	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	30	固溶体 +化合物	固溶体 +化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1

[0046]

[表5]

表 5

No		ターゲット試料					スパッタリング膜		
		M 元素の存在形態		最大透磁率	PTF	PTFばらつき	結晶構造	割れの有無	結晶粒径
		第一領域	第二領域						
実施例	31	化合物	化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	32	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	33	化合物	化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	34	固溶体	固溶体	G1	G1	G2	fcc	無し	G1
	35	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	36	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	37	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	38	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	39	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	40	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	41	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	42	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	43	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	44	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	45	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	46	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	47	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	48	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	49	固溶体	固溶体	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	50	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	51	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	52	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	53	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	54	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	55	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1

[0047]

[表6]

表 6

No		ターゲット試料				スパッタリング膜			
		M 元素の存在形態		最大透磁率	PTF	PTFばらつき	結晶構造	割れの有無	結晶粒径
		第一領域	第二領域						
実施例	56	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	57	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	58	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	59	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	60	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	61	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	62	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	63	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G1
	64	化合物	化合物	G1	G1	G1	fcc	有り	G1
比較例	1	固溶体	固溶体	G1	G1	G3	fcc	無し	G1
	2	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	bcc	無し	G1
	3	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	bcc	無し	G1
	4	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	bcc	無し	G1
	5	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	hcp	無し	G1
	6	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	fcc	無し	G2
	7	固溶体+化合物	固溶体+化合物	G1	G1	G1	アモルファス	無し	G1
	8	固溶体	固溶体	G2	G2	G1	fcc	無し	G1

[0048] 実施例 1 ～ 6 4 のターゲット試料は、原料粉末 A におけるベース元素の合計含有量 [a t . %] に対する N i の含有量 [a t . %] の割合が 0 以上 2 0 以下であり、原料粉末 B におけるベース元素の合計含有量 [a t . %] に対する N i の含有量 [a t . %] の割合が 8 0 以上 1 0 0 以下である。つまり、実施例 1 ～ 6 4 のターゲット試料は、 $\text{Fe}_\alpha\text{-Ni}_\beta\text{-Co}_\gamma$ 相のミクロ組織が、 β (N i の割合) が 0 以上 2 0 以下である第 1 領域と、 β が 8 0 以上 1 0 0 以下である第 2 領域とを有する。また、第 1 領域と第 2 領域の双方に添加元素 M が存在する。各領域において、添加元素 M は、 $\text{Fe}_\alpha\text{-Ni}_\beta\text{-C}$

o_γ 相に固溶した固溶体のみ、ベース元素との化合物のみ、又は、固溶体と化合物の両方として存在している。

[0049] 上記のように、実施例1～64のターゲット試料は、いずれも本発明の条件を満足していることから、最大透磁率は1000emu以下、PTFは10%以上であり、ターゲット試料内の磁性のばらつきが抑えられている。その上、実施例1～64のターゲット試料から成膜したスパッタリング膜は、結晶構造がfcc構造となり、結晶粒径が20nm以下であることから、磁気記録層のシード層として好適である。なお、実施例1～63のターゲット試料から成膜したスパッタリング膜は、 $\text{Fe}_x\text{-Ni}_y\text{-Co}_z\text{-M}$ 系合金におけるM2元素の合計含有量が0at.%以上10at.%の範囲内であることから、成膜時に割れが生じなかったが、実施例64のターゲット試料から成膜したスパッタリング膜は、 $\text{Fe}_x\text{-Ni}_y\text{-Co}_z\text{-M}$ 系合金におけるM2元素の合計含有量が0at.%以上10at.%の範囲から外れていることから、成膜時に割れが生じた。

[0050] 以上から、本発明によれば、マグネトロンスパッタリングのターゲットとして十分に強い漏洩磁束が得られ、磁気記録媒体のシード層としての磁性を有し、且つ、ターゲット内部の磁性分布の偏りが小さく安定したスパッタリングができる磁気記録媒体のシード層用Ni系スパッタリングターゲット、及び、このNi系スパッタリングターゲットを用いて形成されたシード層を有する磁気記録媒体を提供できることが明らかとなった。

[0051] 比較例1のターゲット試料は、原料粉末Aにおけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するNiの含有量[at.%]の割合が21である。つまり、比較例1のターゲット試料は、 $\text{Fe}_\alpha\text{-Ni}_\beta\text{-Co}_\gamma$ 相のミクロ組織が、 β (Niの割合) が0以上20以下である第1領域を有しない。比較例1のターゲット試料は、磁性のばらつきが大きく、シード層を形成するためのスパッタリングターゲットとして不適である。

[0052] 比較例2のターゲット試料は、 $\text{Fe}_x\text{-Ni}_y\text{-Co}_z\text{-M}$ 系合金におけるベース元素の合計含有量[at.%]に対するFeの含有量[at.%]の割

合が0以上50以下の範囲から外れている。比較例3, 4のターゲット試料は、 $\text{Fe}_x\text{-Ni}_y\text{-Co}_z\text{-M}$ 系合金におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するNiの含有量[at. %]の割合が20以上98以下の範囲から外れている。比較例2~4のターゲット試料は、スパッタリング膜がbcc構造（体心立方格子構造）となった。比較例5のターゲット試料は、 $\text{Fe}_x\text{-Ni}_y\text{-Co}_z\text{-M}$ 系合金におけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するCoの含有量[at. %]の割合が0以上40以下の範囲から外れている。比較例5のターゲット試料は、スパッタリング膜がhcp構造（六方最密充填構造）となった。比較例2~5のターゲット試料から成膜したスパッタリング膜は、磁気記録層のシード層としては不適である。

[0053] 比較例6, 7のターゲット試料は、 $\text{Fe}_x\text{-Ni}_y\text{-Co}_z\text{-M}$ 系合金におけるM1元素の合計含有量が2at. %以上20at. %以下の範囲から外れている。比較例6のターゲット試料では、スパッタリング膜の結晶粒径が20nmを超えていた。比較例7のターゲット試料では、スパッタリング膜がアモルファス構造となった。比較例6, 7のターゲット試料から成膜したスパッタリング膜は、磁気記録層のシード層としては不適である。

[0054] 比較例8のターゲット試料は、原料粉末Bにおけるベース元素の合計含有量[at. %]に対するNiの含有量[at. %]の割合が80以上100以下の範囲から外れている。つまり、比較例8のターゲット試料は、 $\text{Fe}_\alpha\text{-Ni}_\beta\text{-Co}_\gamma$ 相のミクロ組織が、 β （Niの割合）が80以上100以下である第2領域を有しない。比較例8のターゲット試料は、透磁率、PTFともに不十分であり、シード層を形成するためのスパッタリングターゲットとして不適である。

請求の範囲

- [請求項1] 添加元素Mと、Fe及びCoのうちの少なくとも1種の元素とを含有し、残部がNi及び不可避免の不純物からなるFe-Ni-Co-M系合金からなるNi系スパッタリングターゲットであって、
- 前記添加元素Mは、W、Mo、Ta、Cr、V及びNbからなる第1の群より選択される1種又は2種以上のM1元素を含み、
- 前記Fe-Ni-Co-M系合金のミクロ組織はNiの含有量が異なる複数の領域からなり、各領域に前記添加元素Mが存在し且つその存在形態が、前記添加元素Mが固溶体のみ、Fe、Ni及びCoのうちの少なくとも1種の元素と前記添加元素Mとの化合物のみ、又は前記固溶体と前記化合物の両方であることを特徴とする、Ni系スパッタリングターゲット。
- [請求項2] 前記複数の領域は第1領域、第2領域及び第3領域を含み、各領域内のFe、Ni及びCoの含有量[at. %]の合計量を100としたときに、前記第1領域のNiの含有量は0以上20以下であり、前記第2領域のNiの含有量は80以上100以下であり、前記第3領域のNiの含有量は20より多く80未満である、請求項1に記載のNi系スパッタリングターゲット。
- [請求項3] 前記Fe-Ni-Co-M系合金は、Fe、Ni及びCoの含有量[at. %]の合計量を100としたときに、Feの含有量は0以上50以下であり、Niの含有量は20以上98以下であり、Coの含有量は0以上40以下であり、前記M1元素の合計含有量は2at. %以上20at. %以下である、請求項1又は2に記載のNi系スパッタリングターゲット。
- [請求項4] 前記添加元素Mは、Al、Ga、In、Si、Ge、Sn、Zr、Ti、Hf、B、Cu、P、C、Re及びRuからなる第2の群より選択される1種又は2種以上のM2元素をさらに含む、請求項1～3のいずれか一項に記載のNi系スパッタリングターゲット。

- [請求項5] 前記M2元素の合計含有量は0at.%より多く10at.%以下である、請求項4に記載のNi系スパッタリングターゲット。
- [請求項6] 添加元素Mと、Fe及びCoのうちの少なくとも1種の元素とを含有し、残部がNi及び不可避免的不純物からなるFe-Ni-Co-M系合金からなるシード層を有する磁気記録媒体であって、
前記添加元素Mは、W、Mo、Ta、Cr、V及びNbからなる第1の群より選択される1種又は2種以上のM1元素を含み、
前記Fe-Ni-Co-M系合金のミクロ組織はNiの含有量が異なる複数の領域からなり、各領域に前記添加元素Mが存在し且つその存在形態が、前記添加元素Mが固溶体のみ、Fe、Ni及びCoのうちの少なくとも1種の元素と前記添加元素Mとの化合物のみ、又は前記固溶体と前記化合物の両方であることを特徴とする、磁気記録媒体。
- [請求項7] 前記複数の領域は第1領域、第2領域及び第3領域を含み、各領域内のFe、Ni及びCoの含有量[at.%]の合計量を100としたときに、前記第1領域のNiの含有量は0以上20以下であり、前記第2領域のNiの含有量は80以上100以下であり、前記第3領域のNiの含有量は20より多く80未満である、請求項6に記載の磁気記録媒体。
- [請求項8] 前記Fe-Ni-Co-M系合金は、Fe、Ni及びCoの含有量[at.%]の合計量を100としたときに、Feの含有量は0以上50以下であり、Niの含有量は20以上98以下であり、Coの含有量は0以上40以下であり、前記M1元素の合計含有量は2at.%以上20at.%以下である、請求項6又は7に記載の磁気記録媒体。
- [請求項9] 前記添加元素Mは、Al、Ga、In、Si、Ge、Sn、Zr、Ti、Hf、B、Cu、P、C、Re及びRuからなる第2の群より選択される1種又は2種以上のM2元素をさらに含む、請求項6～8

のいずれか一項に記載の磁気記録媒体。

[請求項10] 前記M2元素の合計含有量は0at.%より多く10at.%以下である、請求項9に記載の磁気記録媒体。