

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6375719号
(P6375719)

(45) 発行日 平成30年8月22日 (2018. 8. 22)

(24) 登録日 平成30年8月3日 (2018. 8. 3)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 F 10/14 (2006.01)

H O 1 F 10/14

G 1 1 B 5/65 (2006.01)

G 1 1 B 5/65

H O 1 F 10/32 (2006.01)

H O 1 F 10/32

H O 1 L 21/8239 (2006.01)

H O 1 L 27/105 4 4 7

H O 1 L 27/105 (2006.01)

H O 1 L 43/08 Z

請求項の数 9 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-129203 (P2014-129203)

(22) 出願日 平成26年6月24日 (2014. 6. 24)

(65) 公開番号 特開2016-9753 (P2016-9753A)

(43) 公開日 平成28年1月18日 (2016. 1. 18)

審査請求日 平成29年2月14日 (2017. 2. 14)

(73) 特許権者 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(74) 代理人 110001243

特許業務法人 谷・阿部特許事務所

(72) 発明者 中田 仁志

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(72) 発明者 島津 武仁

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号

国立大学法人東北大学内

審査官 池田 安希子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁性薄膜および磁性薄膜を含む応用デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

規則合金を含み、前記規則合金は、F eおよびN i からなる群から選択される少なくとも1種の第1元素と、P t、P d、A uおよびI r からなる群から選択される少なくとも1種の第2元素と、S c とを含み、S c の含有量は1 . 2 原子% ~ 3 . 8 原子%の範囲内であることを特徴とする磁性薄膜。

【請求項 2】

前記第1元素がF eであり、前記第2元素がP tであることを特徴とする請求項1に記載の磁性薄膜。

【請求項 3】

前記規則合金がL 1 0 型規則構造を有することを特徴とする請求項1に記載の磁性薄膜。

【請求項 4】

前記磁性薄膜が、前記規則合金を含む磁性結晶粒と、非磁性結晶粒界とからなるグラニューラー構造を有し、前記非磁性結晶粒界は、炭素、ホウ素、酸化物および窒化物からなる群から選択される少なくとも1つの材料を含むことを特徴とする請求項1に記載の磁性薄膜。

【請求項 5】

非磁性基板と磁気記録層とを含み、前記磁気記録層が請求項1から4のいずれかに記載の磁性薄膜を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 6】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の磁性薄膜を含むことを特徴とする磁気抵抗素子。

【請求項 7】

固定磁性層と、自由磁性層と、障壁層とを含み、前記障壁層は、前記固定磁性層と前記自由磁性層との間に位置し、前記固定磁性層および前記自由磁性層の少なくとも一方は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の磁性薄膜を含むことを特徴とするトンネル磁気抵抗素子。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の磁気抵抗素子を含むことを特徴とする磁気ランダムアクセスメモリ。

【請求項 9】

請求項 1 から 4 のいずれかに記載の磁性薄膜を含むことを特徴とするマイクロエレクトロメカニカルシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、規則合金を含む磁性薄膜に関する。より詳細には、規則合金が、Fe および Pt を主成分とし、Sc を含む、磁性薄膜に関する。さらに、本発明は、前述の磁性薄膜を含む応用デバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

磁性薄膜を含む応用デバイスは、磁気記録媒体、トンネル磁気抵抗素子 (TMR)、磁気抵抗ランダムアクセスメモリ (MRAM)、およびマイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS) デバイスなどを含む。

【0003】

磁性薄膜を含む応用デバイスの第 1 の例として、磁気記録媒体を説明する。磁気記録媒体は、ハードディスク、光磁気記録 (MO) ディスク、および磁気テープなどの磁気記録装置に用いられている。その磁気記録方式は、面内磁気記録方式および垂直磁気記録方式を含む。

【0004】

面内磁気記録方式は、従来用いられてきた方式であって、たとえばハードディスク表面に対して水平に磁気記録を行う方式である。しかしながら、近年では、より高い記録密度を実現可能な、ディスク表面に対して垂直に磁気記録を行う垂直磁気記録方式が主に用いられている。

【0005】

垂直磁気記録方式に用いられる磁気記録媒体 (以下、「垂直磁気記録媒体」と記載する場合がある) は、非磁性基板と、硬質磁性材料から形成される磁気記録層を少なくとも含む。垂直磁気記録媒体は、任意選択的に、軟磁性材料から形成されて、磁気ヘッドが発生する磁束を磁気記録層に集中させる役割を担う軟磁性裏打ち層、磁気記録層の硬質磁性材料を目的の方向に配向させるためのシード層、磁気記録層の表面を保護する保護膜などをさらに含んでもよい。

【0006】

近年、垂直磁気記録媒体の記録密度のさらなる向上を目的として、磁気記録層中の磁性結晶粒の粒径を縮小させる必要に迫られている。一方で、磁性結晶粒の粒径の縮小は、記録された磁化の熱安定性を低下させる。そのため、磁性結晶粒の粒径の縮小による熱安定性の低下を補償するために、磁性結晶粒を、より高い結晶磁気異方性を有する材料を用いて形成することが求められている。

【0007】

しかしながら、高い磁気異方性を有する材料で形成された磁気記録層を有する磁気記録媒体は、大きな保磁力を有し、磁化の記録が困難である。この記録困難性を克服するために、熱アシスト磁気記録方式、マイクロ波アシスト磁気記録方式などのエネルギーアシス

10

20

30

40

50

ト磁気記録方式が提案されている。熱アシスト磁気記録方式は、磁性材料における磁気異方性定数 (K_u) の温度依存性、すなわち高温ほど K_u が小さいという特性を利用したものである。この方式では、磁気記録層の加熱機能を有するヘッドを用いる。すなわち、磁気記録層を昇温させて一時的に K_u を低下させることにより反転磁界を低減させ、その間に書き込みを行う。降温後は K_u が元の高い値に戻るため、安定して記録した磁化を保持できる。

【0008】

磁性薄膜を含む応用デバイスの第2の例として、トンネル磁気抵抗素子 (TMR)、およびこれを用いた磁気抵抗ランダムアクセスメモリ (MRAM) を説明する。フラッシュメモリ、スタティックランダムアクセスメモリ (SRAM)、ダイナミックランダムアクセスメモリ (DRAM) などの従来のメモリは、メモリセル内の電子を用いて情報の記録を行っている。一方、MRAMは、記録媒体にハードディスクなどと同じ磁性体を用いたメモリである。

10

【0009】

MRAMは、10 ns 程度のアドレスアクセスタイム、および20 ns 程度のサイクルタイムを有する。このため、MRAMの読み書き速度は、DRAMの読み書き速度の5倍程度であり、すなわち、スタティックランダムアクセスメモリ (SRAM) の読み書き速度と同等である。また、MRAMは、フラッシュメモリの10分の1程度の低消費電力、ならびに高密度の集積を実現できるという利点を有する。

【0010】

20

ここで、MRAMに用いるTMRは、種々の技術によって製造することができる。たとえば、反強磁性薄膜上に強磁性薄膜を形成することによって、TMRを含む積層体を得ることができる。特開2005-333106号公報は、基板上に、反強磁性層、および該反強磁性層と交換結合する強磁性層が順次積層され、上記反強磁性層が、Mn-Ir合金の規則相 (Mn_3Ir) を含む交換結合素子を開示している (特許文献1参照)。当該文献の図5には、前述の交換結合素子を含むTMRの模式断面図が開示されている。また、当該文献の図4には、交換結合素子を具備したスピナルブ型磁気抵抗素子が開示されている。

【0011】

磁性薄膜を含む応用デバイスの第3の例として、マイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS) デバイスを説明する。MEMSデバイスとは、機械要素部品、センサー、アクチュエータ、および/または電子回路を単一の基板の上に集積化したデバイスの総称である。用いることができる基板は、シリコン基板、ガラス基板、または有機材料基板を含む。MEMSデバイスの応用例は：プロジェクトの光学素子の1種であるデジタルマイクロミラーデバイス (DMD) ; インクジェットプリンタのヘッド部に用いる微小ノズル ; ならびに、圧力センサー、加速度センサー、および流量センサーのような各種のセンサーを含む。近年では、製造業における応用に加えて、医療分野などにおけるMEMSデバイスの応用が期待されている。

30

【0012】

前述の応用デバイス (磁気記録媒体、TMR、MRAM、及びMEMSデバイス) のいずれにおいても、磁性薄膜の磁気特性の向上、具体的には一軸磁気異方性定数 (K_u) の向上が要請されている。なお、このように優れた K_u 値を示す磁性薄膜の開発は、今後、記録媒体およびメモリの大容量化および/または高密度化に多大に貢献すると考えられる。

40

【0013】

優れた K_u 値を示す材料の候補として規則合金が注目され、その研究が活発に行われている。規則合金としては、FePt、CoPt等の各種の材料が着目されている。これらに添加して特性を向上するための添加材料の探索も続けられている。この点に関して、特開2010-135610号公報は、 $L1_1$ 型のCo-Pt-C規則合金を含有する磁性薄膜を提案している (特許文献2参照)。このCo-Pt-C規則合金は、任意選択的に

50

、Ni、Fe、Mn、Cr、V、Ti、Sc、Cu、Zn、Pd、Rh、Ru、Mo、Nb、Zr、Ag、Ir、Au、Re、W、Ta、Hf、Al、Si、Ge、およびBからなる群から選択される少なくとも1種の添加元素を含むことができる。しかしながら、これらの添加元素が磁性薄膜に与える影響は、具体的には検討されていない。

【0014】

また、特開2008-59733号公報は、FePd、FePt、CoPtおよびMnAlのようなL₁₀型規則合金からなる磁性結晶粒と、酸化物からなる非磁性結晶粒界とで構成されるグラニュラー構造の磁気記録層を有する磁気記録媒体を提案している（特許文献3参照）。ここで、酸化物は、酸素と、少なくとも1つの元素が負の還元電位を有する1つまたは複数の元素とから構成される。酸化物を構成する元素の例として、スカンジウム（Sc）が記載されている。しかしながら、当該文献は、上記のグラニュラー構造の磁気記録層の特性について何らの評価も行っていない。加えて、当該文献は、L₁₀型規則合金に添加元素を導入することを開示も示唆もしていない。

10

【0015】

以上のように、規則合金に添加する材料としてのScに関する研究はほとんど進んでいないのが現状である。Scを添加した場合の規則合金の磁気特性、特に、そのような規則合金における磁気異方性定数Kuについての研究はほとんど進展していない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0016】

20

【特許文献1】特開2005-333106号公報

【特許文献2】特開2010-135610号公報

【特許文献3】特開2008-59733号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明の目的は、高い磁気異方性定数Kuおよび大きな保磁力Hcを有する磁性薄膜、および当該磁性薄膜を含む応用デバイスを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0018】

30

本発明の磁性薄膜は、規則合金を含み、前記規則合金は、FeおよびNiからなる群から選択される少なくとも1種の第1元素と、Pt、Pd、AuおよびIrからなる群から選択される少なくとも1種の第2元素と、Scとを含むことを特徴とする。好ましくは、第1元素がFeであり、第2元素がPtである。また、規則合金は、L₁₀型規則構造を有することが望ましい。また、本発明の磁性薄膜は、前述の規則合金を含む磁性結晶粒と、非磁性結晶粒界とからなるグラニュラー構造を有してもよい。非磁性結晶粒界は、炭素、ホウ素、酸化物および窒化物からなる群から選択される少なくとも1つの材料を含むことができる。また、本発明の磁性薄膜を用いて、マイクロエレクトロメカニカルシステムを形成することができる。

【0019】

40

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板と磁気記録層とを含み、前記磁気記録層が前記磁性薄膜を含むことを特徴とする。

【0020】

本発明のトンネル磁気抵抗素子は、固定磁性層と、自由磁性層と、障壁層とを含み、前記障壁層は、前記固定磁性層と前記自由磁性層との間に位置し、前記固定磁性層および前記自由磁性層の少なくとも一方は、前記磁性薄膜を含むことを特徴とする。このトンネル磁気抵抗素子を用いて、磁気ランダムアクセスメモリを形成することができる。

【発明の効果】

【0021】

上記の構成を採用することによって、本発明の磁性薄膜は、大きな磁気異方性定数Ku

50

および大きな保磁力 H_c の両方を有することが可能となる。また、前述の特性を有する磁性薄膜は、高い記録密度を有する磁気記録媒体の磁気記録層として有用である。さらに、本発明の磁性薄膜は、磁気抵抗素子の小型化、磁気ランダムアクセスメモリおよびマイクロエレクトロメカニカルシステムの集積度の向上などにも有用であると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】本発明の磁気記録媒体の1つの構成例を示す概略断面図である。

【図2】トンネル磁気抵抗素子の1つの構成例を示す概略断面図であり、(a)は「0」の信号が記録された状態を示す図であり、(b)は「1」の信号が記録された状態を示す図である。

10

【図3】磁気抵抗ランダムアクセスメモリの1つの構成例を示す概略断面図である。

【図4】実施例1の磁気記録媒体におけるS c含有量と結晶格子のa軸およびc軸の長さとの関係を示すグラフである。

【図5】実施例1の磁気記録媒体におけるS c含有量と保磁力 H_c との関係を示すグラフである。

【図6】実施例1の磁気記録媒体におけるS c含有量と磁気異方性定数 K_u との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0023】

本発明の第1の実施形態の磁性薄膜は、規則合金を含み、前記規則合金は、FeおよびNiからなる群から選択される少なくとも1種の第1元素と、Pt、Pd、AuおよびIrからなる群から選択される少なくとも1種の第2元素と、Scを含む。好ましくは、規則合金は、 $L1_0$ 型構造を有する。好ましい $L1_0$ 型規則合金は、FePtSc、およびFePdScを含む。また、特に好ましい $L1_0$ 型規則合金は、第1元素としてのFe、第2元素としてのPt、およびScを含む。

20

【0024】

本発明に用いられる規則合金において、第2元素に対する第1元素の比は、原子数を基準として0.7~1.3の範囲内、好ましくは0.8~1.1の範囲内としてもよい。この範囲内の組成比を用いることによって、大きな磁気異方性定数 K_u を有する $L1_0$ 型規則構造を得ることができる。

30

【0025】

本発明に用いられる規則合金中のScは、好ましくは、0価の酸化状態のSc、すなわち金属状態のScである。何らかの理論に拘束されることを意図するものではないが、Scの添加により $L1_0$ 型規則構造の結晶格子のc軸長が増大する変形が生じ、この結晶格子の変形によって大きな磁気異方性定数 K_u および大きな保磁力 H_c が得られると考えることができる。規則合金は、Sc酸化物のようなより高い酸化状態のScを含まない。より高い酸化状態のScの化合物による他原子の置換、あるいは、より高い酸化状態のScの化合物の格子内への侵入などの結晶格子を変形させる過程は原理的に起こりにくいと考えられるため、より高い酸化状態のScの化合物によって本発明の作用効果が実現できるとは考えにくいためである。

40

【0026】

本実施形態において、規則合金は、必ずしもすべての原子が規則構造を有していなくてもよい。規則構造の程度を表わす規則度Sが所定の値以上であれば良い。規則度Sは、磁性薄膜をX線回折法(XRD)により測定し、測定値と完全に規則化した際の理論値との比により算出される。 $L1_0$ 型規則合金の場合は、規則合金由来の(001)および(002)ピークの積分強度を用いて算出する。測定された(002)ピーク積分強度に対する(001)ピーク積分強度の比の値を、完全に規則化した際に理論的に算出される(002)ピーク積分強度に対する(001)ピーク積分強度の比で除算し、その平方根を採ることで規則度Sを得ることができる。このようにして得られた規則度Sが0.5以上であれば、磁性薄膜として実用的な磁気異方性定数 K_u を有する。

50

【0027】

本実施形態の磁性薄膜は、前記規則合金からなる磁性結晶粒と、非磁性結晶粒界とからなるグラニュラー構造を有してもよい。ここで、非磁性結晶粒界は、炭素(C)、ホウ素(B)、酸化物、および窒化物を含んでもよい。非磁性結晶粒界に用いることができる酸化物は、 SiO_2 、 TiO_2 、および ZnO を含む。非磁性結晶粒界に用いることができる窒化物は、 SiN および TiN を含む。グラニュラー構造において、それぞれの磁性結晶粒は、非磁性結晶粒界によって磁氣的に分離される。この磁氣的分離は、特に、磁性薄膜を磁気記録媒体の磁気記録層に用いた場合に、磁気記録媒体のS/N向上に有効である。

【0028】

10

本実施形態の磁性薄膜は、好ましくは、基板の加熱を伴うスパッタ法にて形成される。スパッタ法としては、DCマグネトロンスパッタリング法、RFスパッタリング法などの当該技術分野においてよく知られた方法を用いることができる。以下の説明でスパッタ法と記載する場合も特に断りがない限り同様である。磁性薄膜を形成する際の基板温度は、 $400 \sim 500$ の範囲内であることが好ましい。この範囲内の基板温度を採用することにより、磁性薄膜中の L_{10} 型規則合金材料の規則度Sを向上させることができる。スパッタ法に用いるターゲットとして、第1元素および第2元素からなるターゲット、およびScからなるターゲットである2つのターゲットを用いるスパッタ法を採用してもよい。あるいはまた、第1元素からなるターゲット、第2元素からなるターゲット、およびScからなるターゲットである3つのターゲットを用いるスパッタ法を採用してもよい。これらの場合、それぞれのターゲットに別個に電力を供給することによって、磁気記録層30の規則合金中の第1元素、第2元素およびScの比率を制御することができる。

20

【0029】

本実施形態の磁性薄膜の形成に用いられる基板は、表面が平滑である様々な基板であってもよい。たとえば、NiPメッキを施したAl合金、強化ガラス、結晶化ガラス、シリコンまたはMgOなどを、基板として用いることができる。

【0030】

グラニュラー構造を有する磁性薄膜の形成の際には、磁性結晶粒を形成する材料と非磁性結晶粒界を形成する材料を所定の比率で混合したターゲットを用いてもよい。あるいはまた、磁性結晶粒を形成する材料からなるターゲットと、非磁性結晶粒界を形成する材料からなるターゲットとを用いてもよい。前述のように、磁性結晶粒を形成するためのターゲットとして複数のターゲットを用いてもよい。この場合、それぞれのターゲットに別個に電力を供給して、磁性薄膜中の磁性結晶粒と非磁性結晶粒界との比率を制御することができる。

30

【0031】

本発明の第2の実施形態の磁気記録媒体は、非磁性基板と磁気記録層とを含み、前記磁気記録層は、少なくとも1つの第1の実施形態の磁性薄膜を含む。たとえば、図1に示す構成例では、磁気記録媒体は非磁性基板10、磁気記録層30、および任意選択的に設けてもよいシード層20を含む。

【0032】

40

非磁性基板10は、表面が平滑である様々な基板であってもよい。磁気記録媒体に一般的に用いられる材料を用いることができる。たとえば、NiPメッキを施したAl合金、強化ガラス、結晶化ガラス、あるいはMgO等を用いて、非磁性基板10を形成することができる。

【0033】

磁気記録層30は、単一の層であっても、複数の層の積層体であってもよい。単一の層で構成される場合、磁気記録層30は、第1の実施形態の磁性薄膜である。

【0034】

磁気記録層が複数の層から構成される場合、複数の層の少なくとも1つは、第1の実施形態の磁性薄膜である。複数の層のその他の層は、キュリー温度(T_c)制御を目的とす

50

る層、磁化反転を調整するためのキャップ層、2つの磁性層間の交換結合を制御するための交換結合制御層、磁気特性を制御するための磁性層、マイクロ波アシスト磁気記録に向けた強磁性共鳴周波数を制御する磁性層などであってもよい。これらの層は、スパッタ法を含む、当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。

【0035】

本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板10と磁気記録層30との間に、密着層、ヒートシンク層、軟磁性裏打ち層、下地層、およびシード層20からなる群から選択される1つまたは複数の層をさらに含んでもよい。また、本発明の磁気記録媒体は、磁気記録層30の上に保護層をさらに含んでもよい。さらに、本発明の磁気記録媒体は、磁気記録層30または保護層の上に液体潤滑剤層をさらに含んでもよい。

10

【0036】

任意選択的に設けてもよい密着層は、その上に形成される層とその下に形成される層（非磁性基板10を含む）との密着性を高めるために用いられる。密着層を非磁性基板10の上面に設ける場合、密着層20は、前述の非磁性基板10の材料との密着性が良好な材料を用いて形成することができる。そのような材料は、Ni、W、Ta、Cr、Ruなどの金属、前述の金属を含む合金を含む。あるいはまた、非磁性基板10以外の2つの構成層の間に密着層を形成してもよい。密着層は、単一の層であってもよいし、複数の層の積層構造を有してもよい。

【0037】

任意選択的に設けてもよい軟磁性裏打ち層は、磁気ヘッドからの磁束を制御して、磁気記録媒体の記録・再生特性を向上させる。軟磁性裏打ち層を形成するための材料は、NiFe合金、センダスト(FeSiAl)合金、CoFe合金などの結晶質材料、FeTaC、CoFeNi、CoNiPなどの微結晶質材料、CoZrNb、CoTaZrなどのCo合金を含む非晶質材料を含む。軟磁性裏打ち層の膜厚の最適値は、磁気記録に用いる磁気ヘッドの構造および特性に依存する。他の層と連続成膜で軟磁性裏打ち層を形成する場合、生産性との兼ね合いから、軟磁性裏打ち層が10nm~500nmの範囲内（両端を含む）の膜厚を有することが好ましい。

20

【0038】

本発明の磁気記録媒体を熱アシスト磁気記録方式において使用する場合、ヒートシンク層を設けてもよい。ヒートシンク層は、熱アシスト磁気記録時に発生する磁気記録層30の余分な熱を効果的に吸収するための層である。ヒートシンク層は、熱伝導率および比熱容量が高い材料を用いて形成することができる。そのような材料は、Cu単体、Ag単体、Au単体、またはそれらを主体とする合金材料を含む。ここで、「主体とする」とは、当該材料の含有量が50wt%以上であることを示す。また、強度などの観点から、Al-Si合金、Cu-B合金などを用いて、ヒートシンク層を形成することができる。さらに、センダスト(FeSiAl)合金、軟磁性のCoFe合金などを用いてヒートシンク層を形成することができる。軟磁性材料を用いることによって、ヘッドの発生する垂直方向磁界を磁気記録層50に集中させる機能をヒートシンク層に付与することができ、軟磁性裏打ち層の機能を補完することもできる。ヒートシンク層の膜厚の最適値は、熱アシスト磁気記録時の熱量および熱分布、ならびに磁気記録媒体の層構成および各構成層の厚さによって変化する。他の構成層との連続成膜で形成する場合などは、生産性との兼ね合いから、ヒートシンク層の膜厚は10nm以上100nm以下であることが好ましい。ヒートシンク層は、スパッタ法、真空蒸着法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。通常の場合、ヒートシンク層は、スパッタ法を用いて形成される。ヒートシンク層は、磁気記録媒体に求められる特性を考慮して、非磁性基板10と密着層との間、密着層と下地層との間などに設けることができる。

30

40

【0039】

下地層は、上方に形成されるシード層20の結晶性および/または結晶配向を制御するための層である。下地層は単層であっても多層であってもよい。下地層は、Cr金属、または主成分であるCrにMo、W、Ti、V、Mn、Ta、およびZrからなる群から選

50

扱われる少なくとも1種の金属が添加された合金から形成される非磁性膜であることが好ましい。下地層は、スパッタ法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。

【0040】

シード層20の機能は、下地層などのその下にある層と磁気記録層30との間の密着性を確保すること、上層である磁気記録層30の磁性結晶粒の粒径および結晶配向を制御することである。シード層20は非磁性であることが好ましい。加えて、本発明の磁気記録媒体を熱アシスト磁気記録方式において使用する場合には、シード層20が熱的なバリアとして磁気記録層30の温度上昇および温度分布を制御することが好ましい。磁気記録層30の温度上昇および温度分布を制御するために、シード層20は、熱アシスト記録時の磁気記録層30の加熱の際に磁気記録層50の温度を速やかに上昇させる機能と、磁気記録層30の面内方向の伝熱が起こる前に、深さ方向の伝熱によって磁気記録層30の熱を下地層などの下層に導く機能とを両立することが好ましい。

10

【0041】

上記の機能を達成するために、シード層20の材料は、磁気記録層30の材料に合わせて適宜選択される。より具体的には、シード層20の材料は、磁気記録層の磁性結晶粒の材料に合わせて選択される。たとえば、磁気記録層30の磁性結晶粒がL1₀型規則合金で形成される場合、Pt金属、またはNaCl型の化合物を用いてシード層を形成することが好ましい。特に好ましくは、MgO、SrTiO₃などの酸化物、あるいはTiNなどの窒化物を用いてシード層20を形成する。また、上記の材料からなる複数の層を積層して、シード層20を形成することもできる。磁気記録層30の磁性結晶粒の結晶性の向上、および生産性の向上の観点から、シード層20は、1nm~60nm、好ましくは1nm~20nmの膜厚を有することが好ましい。シード層20は、スパッタ法、真空蒸着法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。

20

【0042】

保護層は、磁気記録媒体の分野で慣用的に使用されている材料を用いて形成することができる。具体的には、Ptなどの非磁性金属、ダイヤモンドライクカーボンなどのカーボン系材料、あるいは窒化シリコンなどのシリコン系材料を用いて、保護層を形成することができる。また、保護層は、単層であってもよく、積層構造を有してもよい。積層構造の保護層は、たとえば、特性の異なる2種のカーボン系材料の積層構造、金属とカーボン系材料との積層構造、または金属酸化物膜とカーボン系材料との積層構造であってもよい。保護層は、スパッタ法、CVD法、真空蒸着法などの当該技術において知られている任意の方法を用いて形成することができる。

30

【0043】

液体潤滑剤層は、磁気記録媒体の分野で慣用的に使用されている材料を用いて形成することができる。たとえば、パーフルオロポリエーテル系の潤滑剤などを用いることができる。液体潤滑剤層は、たとえば、ディップコート法、スピンコート法などの塗布法を用いて形成することができる。

【0044】

本発明の第3の実施形態である磁気抵抗素子について説明する。以下ではわかりやすさのためにトンネル磁気抵抗素子(TMR)を例にとって説明する。TMRは、図2に示すように、固定磁性層62と、自由磁性層64と、固定磁性層62と自由磁性層64との間の障壁層66とを含み、固定磁性層62および自由磁性層64の少なくとも一方は、第1の実施形態の磁性薄膜である。

40

【0045】

自由磁性層64は、磁化の方位を変化することができる磁性層である。トンネル磁気抵抗素子60に流す電流を用いてスピン注入型によって磁化を変化させることができる。あるいは外部から与える磁界によって磁化を変化させてもよい。

【0046】

障壁層66は、自由磁性層64と固定磁性膜62の間にトンネル電流を流すための障壁

50

を配設する構成要素である。障壁層 66 は酸化マグネシウム (MgO)、酸化アルミニウム (Al_2O_3) 等の酸化物薄膜を用いて形成することができる。障壁層 66 は、たとえば、スパッタ法、真空蒸着法など当該技術において知られている任意の方法及び条件を用いて形成することができる。

【0047】

固定磁性層 62 は、トンネル磁気抵抗素子 60 に、電流あるいは外部磁界を与えた場合でも、磁化の向きが変化しない磁性層として配設する構成要素である。固定磁性層 32 と自由磁性層 64 の磁化の向きの違いにより、障壁層 66 を流れるトンネル電流の大きさを变化させることができる。

【0048】

このような構成のトンネル磁気抵抗素子 60 は、同素子に供給する電流または外部磁界により自由磁性層 64 の磁化の向きを变化させることで動作する。たとえば、通電によってスピン注入を行い、スピン注入によって磁化を变化させるトンネル型磁気抵抗素子は次のように動作する。図 2 (a) に示すように、固定磁性層 62 から自由磁性層 64 に向かって電流を流すことによって、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きが平行な状態とすることができる。また、図 2 (b) に示すように、自由磁性層 64 から固定磁性層 62 に向かって電流を流すことによって、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きが反平行な状態とすることができる。図 2 (a) および図 2 (b) に示す両状態は、可逆的に相互に変化させることができる。トンネル磁気抵抗素子 60 は、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きが平行であるか反平行であるかによって、「0」および「1」の情報を記録することができる。図 2 (a) および図 2 (b) において、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きが平行である場合を「0」とし、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きが反平行である場合を「1」としたが、この対応関係は逆であってもよい。また、図 2 (a) および図 2 (b) において、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きが層に平行である方向である場合を例示したが、固定磁性層 62 および自由磁性層 64 の磁化の向きは、層に垂直な方向であってもよい。この場合にも、両層の磁化の向きが平行であるか反平行であるかによって、障壁層 66 を流れるトンネル電流の大きさを变化させて、「0」および「1」の情報を記録することができる。以上説明した TMR の他にも、固定磁性層 62 と自由磁性層 64 を直接に接合した磁気抵抗素子としてもよい。

【0049】

本発明の第 4 の実施形態である磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM) の 1 つの構成例を、図 3 に示す。図 3 は、外部から印加する磁界によって TMR に記録する信号を变化させる構成例である。図 3 に示す MRAM 100 は、基板 72、ソース 74、ドレイン 76、およびゲート 78 を有する MOS-FET 70 と、コンタクト 82 を介してソース 74 と接続されるトンネル磁気抵抗素子 60 と、ゲート 78 と接続されるワード線 84 と、トンネル磁気抵抗素子 60 と接続されるビット線 86 と、トンネル磁気抵抗素子 60 に書き込み磁界を印加するためのディジット線 88 とを含む。

【0050】

本実施形態の MRAM 100 は、ビット線 86 およびディジット線 88 に電流を流し、得られる合成磁界によって、トンネル磁気抵抗素子 60 に、「0」または「1」の信号を記録する。ビット線 86 およびディジット線 88 は、互いに交差する方向に延びており、電流を流したビット線 86 およびディジット線 88 の交点に位置するトンネル磁気抵抗素子 60 に信号を記録することができる。

【0051】

一方、MRAM 100 からの信号は、ワード線 84 に電流を流して、MOS-FET 70 を「オン」にした状態で、ビット線 86 に電圧を印加して、ビット線 86 から、トンネル磁気抵抗素子 60 およびコンタクト 82 を介して、MOS-FET 70 へと流れる電流を検知することによって、読み出すことができる。この際の電流は、トンネル磁気抵抗素子 60 のトンネル電流に相当し、「0」または「1」の信号に対応する。図 3 の構成例以

外の方法としてもよい。たとえば、スピン注入型の磁気抵抗素子を用い、磁気抵抗素子に通電する電流によって記録する信号を変化させてもよい。

【0052】

上記の第2～第4の実施形態に加えて、本発明の第1の実施形態の磁性薄膜は、MEMSデバイス中で用いることができる。MEMSデバイスは、所定部材に第1の実施形態の磁性薄膜を組み込んで、任意の公知技術を用いて形成することができる。

【実施例】

【0053】

(実施例1)

平滑な表面を有する(001)MgO単結晶基板(タテホ化学工業株式会社製)を洗浄し、非磁性基板10を準備した。洗浄後の非磁性基板10を、スパッタ装置内に導入した。非磁性基板10を350℃に加熱した後に、圧力0.4PaのArガス中でPtターゲットを用いたRFマグネトロンスパッタ法により、膜厚20nmのPtシード層20を形成した。

10

【0054】

次に、シード層20を形成した非磁性基板10を350℃に加熱した後に、圧力0.6PaのArガス中で、FePtターゲットおよびScターゲットを用いるRFマグネトロンスパッタ法により、膜厚10nmのFePtSc磁気記録層30を形成し、図1に示す構造を有する磁気記録媒体を得た。ここで、FePtターゲットとして、Fe/Pt比が45/55のターゲットを用いた。また、FePtターゲットに印加する電力を300Wに固定し、Scターゲットに印加する電力を40～450Wに変化させて、磁気記録層30のScの含有量を調整した。

20

【0055】

XRDにより、得られた磁気記録媒体の磁気記録層30がL1₀型規則構造を有することを確認した。また、XRDにより、L1₀型規則構造の結晶格子のa軸およびc軸の長さを測定した。さらに、振動試料型磁力計(VSM)を用いて、得られた磁気記録媒体のヒステリシス曲線を測定し、保磁力H_cを測定した。また、得られた磁気記録媒体の磁気記録層30の組成を、ラザフォード後方散乱法(RBS)により測定した。以上の測定結果を第1表に示す。

【0056】

30

【表 1】

第 1 表：磁気記録層の組成、結晶構造および磁気特性の評価

サンプル	組成 (a t %)			結晶構造		磁気特性	
	F e	P t	S c	c 軸長 (Å)	a 軸長 (Å)	保磁力 H _c ^{*1}	磁気異方性定数 K _u ^{*2}
1	44.8	55.2	0.0	3.703	3.907	3.6(290)	21.2(2.12)
2	44.9	53.9	1.2	3.703	3.909	4.1(330)	25.0(2.50)
3	45.1	53.3	1.7	3.708	3.910	7.4(590)	25.2(2.52)
4	44.6	53.0	2.4	3.711	3.911	8.5(680)	26.7(2.67)
5	44.7	52.1	3.2	3.717	3.912	6.1(490)	25.3(2.53)
6	45.1	51.1	3.8	3.721	3.912	4.1(330)	22.6(2.26)
7	43.5	50.8	5.7	3.740	3.912	2.3(180)	15.6(1.56)
8	41.7	50.5	7.8	3.764	3.914	1.8(140)	11.1(1.11)
9	41.1	48.7	10.2	3.799	3.917	0.5(40)	5.7(0.57)
10	40.4	46.9	12.7	3.839	3.919	0.1(8)	2.8(0.28)
11	39.4	45.6	15.0	—	—	0.1(8)	2.4(0.24)
12	39.2	43.5	17.3	—	—	0.1(8)	2.3(0.23)

* 1：単位は kOe であり、括弧内の換算値の単位は A/mm である。

* 2：単位は 10^6 erg/cm^3 であり、括弧内の換算値の単位は 10^6 J/m^3 である。

【0057】

磁気記録層 30 の S c 含有量と、結晶格子の a 軸および c 軸の長さとの関係を図 4 に示す。図 4 から分かるように、S c 含有量が増加しても、結晶格子の a 軸の長さはほとんど変化しない。一方、結晶格子の c 軸の長さは、S c 含有量の増加に伴って増大する。このことから、S c が F e P t 結晶粒中に存在すると考えられる。

【0058】

磁気記録層 30 の S c 含有量と、保磁力 H_c との関係を図 5 に示す。また、磁気記録層 30 の S c 含有量と、磁気異方性定数 K_u との関係を図 6 に示す。図 5 および図 6 から分かるように、S c を含むことにより、保磁力 H_c および磁気異方性定数 K_u が増大する。特に、S c の含有量が 2.4 at % である場合に、保磁力 H_c が 8.5 kOe (680 A/mm) の最大値を示し、かつ、磁気異方性定数 K_u が $26.7 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$ ($2.67 \times 10^6 \text{ J/m}^3$) の最大値を示した。

【0059】

これらのことから、L₁₀ 型規則合金に対する S c の添加が、優れた磁気特性の発現に有効であることが分かる。

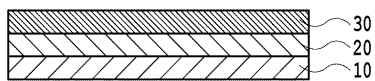
【符号の説明】

【0060】

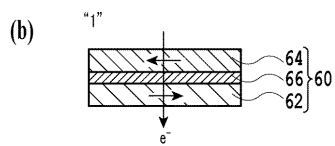
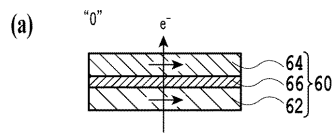
- 10 非磁性基板
- 20 シード層
- 30 磁気記録層
- 60 トンネル磁気抵抗素子
- 62 固定磁性層
- 64 自由磁性層
- 66 障壁層
- 70 MOS-FET
- 72 基板

7 4 ソース
 7 6 ドレイン
 7 8 ゲート
 8 2 コンタクト
 8 4 ワード線
 8 6 ビット線
 8 8 デジット線
 1 0 0 M R A M

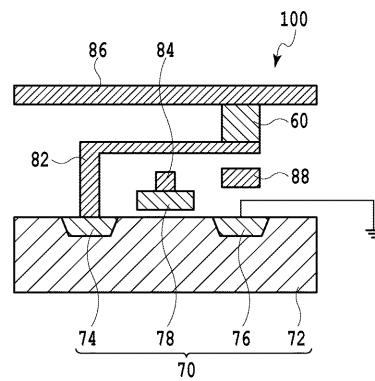
【図 1】



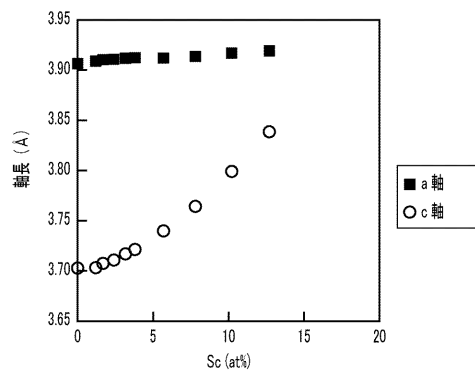
【図 2】



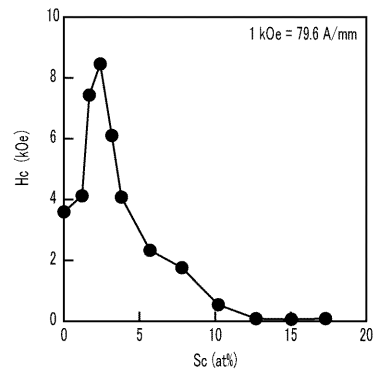
【図 3】



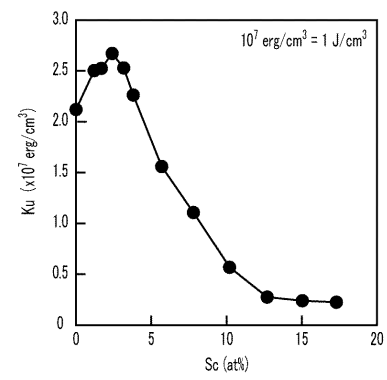
【図 4】



【図 5】



【図 6】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>H 0 1 L</i>	<i>43/08</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>43/08</i>	<i>M</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>43/10</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>29/82</i>	<i>Z</i>
<i>H 0 1 L</i>	<i>29/82</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>B 8 1 B</i>	<i>7/02</i>	
<i>B 8 1 B</i>	<i>7/02</i>	<i>(2006.01)</i>			

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 0 9 8 5 2 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 4 - 0 5 6 6 2 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 F *1 0 / 1 4*
B 8 1 B *7 / 0 2*
G 1 1 B *5 / 6 5*
H 0 1 F *1 0 / 3 2*
H 0 1 L *2 1 / 8 2 3 9*
H 0 1 L *2 7 / 1 0 5*
H 0 1 L *2 9 / 8 2*
H 0 1 L *4 3 / 0 8*
H 0 1 L *4 3 / 1 0*