

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-4586

(P2017-4586A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 11 B 5/39 (2006.01)	G 11 B 5/39	5 D 03 4
H 01 L 43/08 (2006.01)	H 01 L 43/08	Z 5 E 04 9
H 01 L 43/10 (2006.01)	H 01 L 43/10	5 F 09 2
H 01 F 10/14 (2006.01)	H 01 F 10/14	
H 01 F 10/32 (2006.01)	H 01 F 10/32	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-75042 (P2016-75042)
 (22) 出願日 平成28年4月4日 (2016.4.4)
 (31) 優先権主張番号 14/740,116
 (32) 優先日 平成27年6月15日 (2015.6.15)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 500373758
 シーゲイト テクノロジー エルエルシー
 Seagate Technology
 LLC
 アメリカ合衆国、95014 カリフォルニア州、クパチーノ、サウス・ディ・アンザ・ブールバード、10200
 10200 South De Anza
 Blvd Cupertino CA
 95014 United States
 of America
 (74) 代理人 110001195
 特許業務法人深見特許事務所

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気抵抗センサ製造

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】リーダ形成中に高温アニール処理後に反強磁性結合特性の劣化が少ないリーダ磁気構造を可能にする。

【解決手段】リーダ構造は第1のリーダを含み、第1のリーダはセンサスタック130と頂部シールド構造122とを含み、頂部シールド構造は合成反強磁性シールド(SAF)構造126を含み、合成反強磁性シールド(SAF)構造は、少なくともNiFeの層と不純物添加物とを含む基準層(RL)と、RKKY結合層(たとえばRu層)と、固定層(PL)とを含む。他の実現例では、第1のリーダのSAFシールド構造のRLは、少なくとも非晶質の磁性材料の層を含む。しかし、他の実現例では、SAFシールド構造は、非晶質の磁性材料の挿入層を、SAFシールドRL下、SAFシールドRL内、またはSAFシールドRLとSAFシールドRUとの間に含む。

【選択図】図1

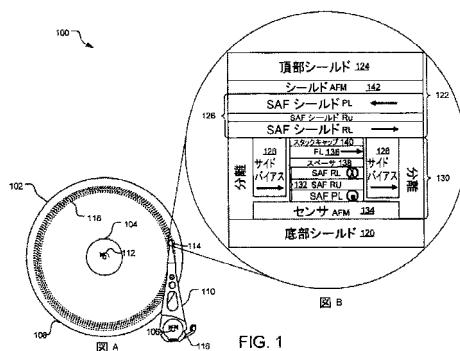


FIG. 1

FIG. 2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

リーダ構造であって、
 第1のリーダを含み、前記第1のリーダは、
 センサystackと、
 頂部シールド構造とを含み、前記頂部シールド構造は、合成反強磁性シールド構造を含み、前記合成反強磁性シールド構造は、
 少なくともNiFeの層と不純物添加物とを含む基準層と、
 RKKY結合層と、
 固定層とを含む、リーダ構造。

10

【請求項 2】

前記第1のリーダからダウントラック方向において位置決めされる第2のリーダをさらに含み、前記第2のリーダは、
 センサystackと、
 頂部シールド構造とを含み、前記頂部シールド構造は、合成反強磁性シールド構造を含み、前記合成反強磁性シールド構造は、
 少なくともNiFeの層と不純物添加物とを含む基準層と、
 RKKY結合層と、
 固定層とを含む、請求項1に記載のリーダ構造。

20

【請求項 3】

前記不純物添加物は酸素である、請求項1に記載のリーダ構造。

【請求項 4】

前記不純物添加物はタンゲステン(W)である、請求項1に記載のリーダ構造。

【請求項 5】

前記基準層におけるWの含有量は14原子百分率未満である、請求項4に記載のリーダ構造。

【請求項 6】

前記不純物添加物は耐熱性材料である、請求項1に記載のリーダ構造。

【請求項 7】

前記耐熱性材料はタンタル、ニオブ、ハフニウムおよびジルコニウムの少なくとも1つである、請求項6に記載のリーダ構造。

30

【請求項 8】

前記RKKY結合層は約0~20の範囲に厚みを有する、請求項1に記載のリーダ構造。

【請求項 9】

リーダ構造であって、
 第1のリーダを含み、前記第1のリーダは、
 センサystackと、
 頂部シールド構造とを含み、前記頂部シールド構造は、合成反強磁性構造を含み、前記合成反強磁性構造は、
 少なくとも非晶質の磁性材料の層を含む基準層と、
 RKKY結合層と、
 固定層とを含む、リーダ構造。

40

【請求項 10】

前記第1のリーダからダウントラック方向において位置決めされる第2のリーダをさらに含み、前記第2のリーダは、
 センサystackと、
 頂部シールド構造とを含み、前記頂部シールド構造は、合成反強磁性シールド構造を含み、前記合成反強磁性シールド構造は、
 少なくともNiFeの層と不純物添加物とを含む基準層と、

50

R K K Y 結合層と、
固定層とを含む、請求項 9 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 1】

前記非晶質の磁性材料は、合金を非晶質の作用剤でドープすることによって形成される
、請求項 9 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 2】

前記合金はニッケル合金、コバルト合金および鉄合金の少なくとも 1 つである、請求項
1 1 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 3】

前記非晶質の作用剤は、タンタル、ホウ素、ハフニウム、ジルコニウムおよびニオブの
10 少なくとも 1 つを含む、請求項 1 1 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 4】

リーダ構造であって、
第 1 のリーダを含み、前記第 1 のリーダは、
センサスタックと、
頂部シールド構造とを含み、前記頂部シールド構造は、合成反強磁性構造を含み、前記
合成反強磁性構造は、
挿入層と、
少なくとも Ni Fe の層と不純物添加物とを含む基準層と、
R K K Y 結合層と、
固定層とを含む、リーダ構造。

【請求項 1 5】

前記第 1 のリーダからダウントラック方向において位置決めされる第 2 のリーダをさら
に含み、前記第 2 のリーダは、
センサスタックと、
頂部シールド構造とを含み、前記頂部シールド構造は、合成反強磁性シールド構造を含
み、前記合成反強磁性シールド構造は、
少なくとも Ni Fe の層と不純物添加物とを含む基準層と、
R K K Y 結合層と、
固定層とを含む、請求項 1 2 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 6】

前記不純物添加物は O である、請求項 1 4 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 7】

前記不純物添加物は W である、請求項 1 4 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 8】

前記不純物添加物は耐熱性材料である、請求項 1 4 に記載のリーダ構造。

【請求項 1 9】

前記挿入層は非晶質材料である、請求項 1 4 に記載のリーダ構造。

【請求項 2 0】

前記非晶質材料は Ta、CoFeB および CoFeTa の少なくとも 1 つを含む、請求
項 1 9 に記載のリーダ構造。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

背景

磁気データ記憶検索システムでは、磁気読取 / 書込ヘッドは、磁気ディスクに記憶され
る磁気的にエンコードされた情報を検索するために磁気抵抗 (MR) センサを有するリ
ーダ部分を含む。ディスクの表面からの磁束は、MR センサの感知層の磁化ベクトルの回転
を引起し、それは、次いで、MR センサの電気固有抵抗における変化を引起す。MR セン
サの抵抗率における変化は、MR センサを通して電流を流し、MR センサにわたる電圧変

10

20

30

40

50

化を測定することによって、検出することができる。次いで、外部回路系が、電圧情報を適切なフォーマットに変換し、その情報を操作して、ディスク上にエンコードされた情報を回復する。

【0002】

磁気記憶媒体およびヘッド技術における改善は、今日利用可能な磁性ディスク上における面積の記録密度を可能にする。しかしながら、面積の記録密度が増大するにつれ、より小さく、より感度のよいMRセンサが所望される。MRセンサがサイズにおいてより小さくなるにつれて、MRセンサは磁気ディスクからの印加される磁界に望ましくない磁気応答を示す可能性がある。効果的なMRセンサは、磁気ノイズを低減または除去し、信号に対して、ディスクに書込まれたデータの正確な回復のための十分な振幅を与える。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

概要

ここに記載され主張される実現例はリーダ構造を含み、リーダ構造は、センサスタックを含む第1のリーダと、頂部シールド構造とを含み、頂部シールド構造は合成反強磁性(SAF)シールド構造を含み、合成反強磁性(SAF)シールド構造は、少なくともNiFeの層と不純物添加物とを含む基準層(RL)と、RKKY結合層(たとえばRu層)と、固定(pinned)層(PL)とを含む。他の実現例では、第1のリーダのSAFシールド構造のRLは、少なくとも非晶質の磁性材料の層を含む。しかし、他の実現例では、SAFシールド構造は、非晶質の磁性材料の挿入層を、SAFシールドRL下、SAFシールドRL内、またはSAFシールドRLとSAFシールドRuとの間に含む。

20

【0004】

他の実現例もここに記載され詳述される。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】ここに開示される磁気抵抗センサを含む例示ディスクドライブアセンブリの平面図である。

【図2】ここに開示される例示デュアルセンサリーダ構造を示す図である。

【図3A】NiFeが磁性材料にある例示SAFシールド構造の磁化曲線のグラフを示す図である。

30

【図3B】NiFeWが磁性材料にある例示SAFシールド構造の磁化曲線のグラフを示す図である。

【図4】CoFeNiBが磁性材料にある例示SAFシールド構造の磁化曲線のグラフを示す図である。

【図5A】NiFeが磁性材料あり、Taが挿入層としてある、例示SAFシールド構造の磁化曲線のグラフを示す図である。

【図5B】NiFeが磁性材料あり、CoFeBが挿入層としてある、例示SAFシールド構造の磁化曲線のグラフを示す図である。

【図5C】NiFeが磁性材料あり、CoFeTaが挿入層としてある、例示SAFシールド構造の磁化曲線のグラフを示す図である。

40

【図6】磁気抵抗センサにおける例示センサスタックを製造することを示す例示動作を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

詳細な記載

磁気媒体からデータを読出すために、高データ密度および感度のよいセンサに対して増大する要求がある。増大した感度を有する巨大磁気抵抗センサ(GMRセンサ)は、銅などのような薄い導電性の非磁性スペーサ層によって分離された2つの軟磁性層からなる。トンネル磁気抵抗センサ(TMRセンサ)は、GMRセンサに拡張を与え、そこでは、電

50

子が、それらのスピンが薄い絶縁トンネル障壁を横切って好ましい方向に配向される状態で、移動する。

【0007】

TMRセンサでは、センサスタックは頂部シールドと底部シールドとの間に位置決めされてもよい。シールドは、センサスタックを望まれない電磁干渉から隔絶し、にもかかわらず、センサスタックがセンサの直接下でデータビットの磁界によって影響されることを可能にする。

【0008】

ハードディスクドライブ(HDD)適用例のためにGMRおよび/またはTMR効果を利用する磁気センサを製造するプロセスでは、センサの適切な機能を可能にするために熱処理を用いてもよい。熱処理は上昇された温度(たとえば250~350の範囲)において実行され、熱処理に先行して基板上に形成される材料の特性における劣化を引きす場合がある。反強磁性結合の分損は、RKKY結合層(たとえばRu層)における界面の劣化のためかもしれない。この劣化に対する理由は、層のアニール中において、(たとえば層におけるNiFeの)結晶粒成長がこの界面において粗さを誘導して、Ru層にわたる磁気結合の強度における変動を引きすことかもしれない、またはそれは拡散メカニズムの結果かもしれない。

10

【0009】

ここに開示された技術は、リーダ形成中において高温アニール処理の後にこれらの材料の特性の劣化がより少ない磁気構造を形成することを含む。具体的には、リーダのサイドシールドにバイアスを印加する耐高温合成反強磁性(SAF)シールドを形成する方法が開示され、サイドシールドからリーダまでのサイドバイアスが高温アニールの後に保持され強化ができるようになる。これらの磁気構造、センサにおけるそれらの機能、およびこれらの磁気構造の製造のための例示動作の例が、図1~図6において述べられる。

20

【0010】

図1は、例示ディスクドライブアセンブリ100の平面図を示す。例示ディスクドライブアセンブリ100は、アクチュエータアーム110の遠位端上にあり、媒体ディスク108上に位置決めされるスライダ114を含む。アクチュエータ回転軸106のまわりを回転する回転式ボイスコイルモータを用いて、スライダ114をデータトラック上に位置決めし、ディスク回転軸112のまわりを回転するスピンドルモータを用いて、媒体ディスク108を回転させる。具体的には図Aを参照して、媒体ディスク108は、円形の点線によって示されるデータトラック118などの多くのデータトラックが間にある外径102および内径104を含む。可撓性ケーブル116は、動作中においてアクチュエータアーム110の回動を可能にしながら、スライダ114のための必要な電気的接続経路を与える。

30

【0011】

スライダ114はさまざまな機能を実行するさまざまな層を伴う積層構造である。スライダ114は媒体ディスク108のデータを読取るためにライタセクション(図示せず)および1つ以上のMRセンサを含む。

40

【0012】

図1の図Bはシングルセンサリーダ構造の主な構成要素を示す。膜成長またはz方向に沿ってあるのは、底部シールド120、(GMRまたはTMR効果を利用する)磁気センサ130、および(頂部シールド124、シールドAFM層142およびSAFシールド構造126を含む)頂部シールド構造122である。いくつかの実現例では、シールドAFM層142と頂部シールド124との間に非磁性の低抵抗率金属挿入(たとえばTa、Ru、NiCr)があつてもよい。SAFシールド構造における層は、以下の順序で: SAFシールド固定層(PL)、SAFシールドRu層(RKKY結合層)、およびSAFシールド基準層(RL)を含む。図1では、SAFシールド構造126は、磁気配向を固定するよう、シールドAFM層142に近接する。他の実現例では、SAF構造126に

50

近接するシールド A F M 層 1 4 2 はなくてもよい。

【 0 0 1 3 】

サイドバイアス磁性タブまたはサイドシールド 1 2 8 の対は、 S A F シールド構造に磁気的に結合される。このシングルリーダ形成では、 S A F シールド構造 1 2 6 は、サイドシールド 1 2 8 に対する安定化を与える。高温アニールを受けると、 S A F シールド 1 2 6 は劣化し得、不安定になり得、適切に機能しない。

【 0 0 1 4 】

S A F 構造 1 3 2 はサイドシールド間に位置されることができる。S A F 構造は、1つ以上の層対が薄い非磁性層によって分離されている、複数の薄い強磁性層からなってもよい。たとえば、S A F 構造は S A F R L 、 S A F 結合スペーサ層および S A F P L を含んでもよい。S A F 結合スペーサ層はルテニウム (R u) などのような材料から形成されてもよい。S A F P L は阻止された回転を伴う第1の磁性層である。図Bでは、S A F 構造は以下の順序において3層として示される： S A F R L 、 S A F R u 層および S A F P L 。

10

【 0 0 1 5 】

S A F 構造の一方の側においては、センサ A F M 層 1 3 4 を、 S A F 構造 1 3 2 (S A F P L) の P L に近接して位置決めして、それが回転するのを防いでもよい。S A F 構造 1 3 2 の他方の側においては、 F L 1 3 6 (外部磁界に応答して自由に回転する軟磁性層) が、 S A F R L の近くで位置決めされてもよい。いくつかの実現例では、 F L 1 3 6 は1つより多い層を含むことができる。図Bに示されるように、 F L 1 3 6 およびスペーサ層 1 3 8 は、サイドバイアス層において、 S A F 構造 1 3 2 に近接するようにある。

20

【 0 0 1 6 】

スタックキャップ層 1 4 0 は、 S A F シールド構造 1 2 6 から F L 1 3 6 を分離する i n - s i t u の非磁性層であってもよい。他の実現例では、スタックキャップ層 1 4 0 は e x - s i t u の非磁性層であってもよい。S A F 構造 1 3 2 およびサイドシールド 1 2 8 下に形成されるセンサ A F M 層 1 3 4 は、底部シールド 1 2 0 に近接する。

30

【 0 0 1 7 】

開示された技術は、高温アニール処理に耐えるよう S A F シールド構造を強化することを含み、それによって材料特性の劣化を低減する。少なくとも N i F e の層と不純物添加物とを含むことができる S A F シールド R L (図 1 に示される) と、 R K K Y 結合層と、固定層とを含む、 S A F シールド構造が形成される。他の実現例では、 S A F シールド構造の R L は、少なくとも非晶質の磁性材料の層を含む。しかし、他の実現例では、 S A F シールド構造は、非晶質の磁性材料の挿入層を、 S A F シールド R L 下、 S A F シールド R L 内、または S A F シールド R L と S A F シールド R u との間に含む。

30

【 0 0 1 8 】

これらの例示層は複数センサ装置にも実現することができる。図 2 はデュアルセンサリーダ構造 2 0 0 の主な構成要素を示し、1つより多い磁気センサが z 方向に積重ねられる。デュアルセンサリーダ構造 2 0 0 は頂部シールド 2 2 4 および 2 つの底部シールド 2 2 0 を含む。各センサはシールド A F M 層 2 4 2 に近接する S A F シールド構造 2 2 6 を有する。いくつかの実現例では、シールド A F M 層 2 4 2 と頂部シールド 2 2 4 との間に非磁性の低抵抗率金属挿入 (たとえば T a 、 R u 、 N i C r) があってもよい。他の実現例では、シールド A F M 層 2 4 2 はなくてもよい。図 2 における S A F シールド構造における層は、以下の順序で： S A F シールド P L 、 S A F シールド R u 層および S A F シールド R L を含む。

40

【 0 0 1 9 】

図 2 に示されるデュアルセンサリーダ構造では、2つのリーダ 2 5 0 および 2 6 0 がある。各リーダ 2 5 0 および 2 6 0 は、 S A F シールド構造 2 2 6 に磁気的に結合された「サイドバイアス」磁気タブ 2 2 8 またはサイドシールドの対を有する。各 S A F シールド構造 2 2 6 は、サイドシールド 2 2 8 に対して安定化を与える。このデュアルリーダ設計

50

が展開されるとき、第1のリーダ（たとえばリーダ260）上のS AFシールド構造は、第2のリーダ（たとえばリーダ250）をアニールするときに、高温アニールを受け得る。S AFシールド構造226は劣化し得、不安定になり得、適切に機能しない。

【0020】

図2では、各リーダ250および260はS AF構造232を含み、それは3層として以下の順序：S AF RL、S AF Ru層およびS AF PLで、両方のセンサにおいて示される。スペーシング層238およびFL236はサイドシールド228間ににおいてS AF構造232の上に位置決めされてもよい。スタックキャップ層240は各センサスタックを各S AFシールド構造226から分離する。センサAFM層234はS AF構造およびサイドシールド228の下に形成することができる。底部シールド220は底部センサAFM層に近接している。底部シールド220は、センサの機能に対して必要であり得る熱処理を受ける。2つのリーダ構造間には分離空間がある。

10

【0021】

図1の図Bでシングルセンサリーダ構造に関して上に記載されたように、図2におけるリーダ250のS AFシールド構造226または両方のリーダ250および260のS AFシールド構造226も、高温アニール処理に耐えるよう強化することができ、それによって材料特性の劣化を防ぐことができる。S AFシールド構造226は、両方とも、少なくともNiFeの層と不純物添加物とを含むことができるS AFシールドRL（図1に示される）と、RKKY結合層と、固定層とを含むよう形成することができる。他の実現例では、各S AFシールド構造226のRLは、少なくとも非晶質の磁性材料の層を含む。しかし、他の実現例では、S AFシールド構造は、非晶質の磁性材料の挿入層を、S AFシールドRL下、S AFシールドRL内、またはS AFシールドRLとS AFシールドRuとの間に含む。

20

【0022】

シングルセンサ装置および複数センサリーダ構造の両方において、NiFeおよび添加物をS AFシールド構造126、226においてS AFシールドRLに添加して、反強磁性結合の分損を結果として生じるS AFシールド構造126、226のRKKY結合層における界面の劣化を低減する。タンゲステン(W)は、NiFe層において結晶粒成長を抑制するために添加することができる添加物の例である。他の例示は、酸素(O)および屈折力のある材料（たとえばタンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ハフニウム(Hf)、ジルコニウム(Zr)）などのような金属を含む。

30

【0023】

図2に与えられるように、リーダ構造には2つのリーダがある。他の実現例では、リーダ構造は2つを超えるリーダを有し得る。たとえば、第1のリーダ250および第2のリーダ260からダントン方向において位置決めされるリーダ270およびリーダ280(図示せず)があつてもよい。

30

【0024】

そのような添加物、具体的にはNiFe層におけるWを伴う層形成の結果は、(図3Aにおいて示されるように)層形成において添加物なしのリーダ構造と比較して図3Bにおいて示される。2つのグラフ300は、磁化容易軸(点線によって示される)に沿った磁化曲線(またはBHLループ)、および(実質的に容易軸に直交の方向における)磁化困難軸(実線によって示される)に沿った磁化曲線を示す。グラフは磁場の強度(X軸)に対する(y軸に沿った)磁束密度の値を示す。磁束密度(nWb/平方メートルにおいて測定される)は、それが、磁場の強度(エルステッドにおいて測定される)が増大し続けてももはや増大できず一定になる、ある値に到達するまで、磁場の強度に比例して増大する。

40

【0025】

図3Aおよび図3Bはリーダ構造におけるS AFシールド構造の応答を示し、S AFシールド構造は以下のようにをz方向に沿って下から上に以下の層を含む：A_t1/CoFe30_t2/Ru_t3/CoFe30_t4/A_t5/CoFe30_t6/I

50

rMn_t7 / キャップ。ここに記載されるように、「A」は S A F シールド R L または P L に対する材料を示すために用いられる。薄い CoFe30 層は、界面結合改善層（たとえば、 t_2 の厚みは 1 から 30 である）として供される。この実現例では、CoFe30（つまり 30% Fe）が用いられる。他の実現例では、異なる量の CoFe 含有量を利用することができます。

【0026】

Ru は、RKKY 結合層（たとえば、 t_3 の厚みは 0 ~ 20 である）である。ほとんどの均衡のとれた S A F シールド構造では、 t_4 の厚みは t_2 の厚みに接近し得、 t_5 の厚みは t_1 の厚みに接近し得る。「接近」によって、それは $0.8 * t_2 \leq t_4 \leq 1.2 * t_2$ 、および $0.8 * t_1 \leq t_5 \leq 1.2 * t_1$ として理解される。しかしながら、S A F シールドにおける異なる層間の異なる厚み比が異なる実現例において用いられてもよい。10

【0027】

図 3 A は、295 アニール後における、A = NiFe である 1 つの実現例における磁性材料を示す。0 磁界のまわりの安定した平坦域によって示されるように、S A F シールド構造の特徴は失われている。これらの結果は S A F Ru 層を介する劣化された反強磁性タイプの結合を示す。

【0028】

図 3 B は、295 アニール後における、A = NiFeW である 1 つの実現例における磁性材料を示す。図 3 A と比較して、図 3 B における実現例は、平坦域がアニールに耐えることを示す。平坦域は、外部磁界に対する最小の S A F シールド応答がある、安定した領域を表す。図 3 A において見られる反強磁性結合の分損は、RKKY 結合層（たとえば Ru 層）における界面の劣化に寄与されるかもしれない。劣化は、アニール中において界面における粗さを誘導し、Ru 層を横切る磁気結合の強度（恐らく符号さえも）における変動を引起す、（NiFe の）結晶粒成長の結果かもしれない。図 3 B において示されるように、W（またはここに記載される他の添加物）の存在は結晶粒成長の抑制によって劣化を低減する。20

【0029】

NiFe とともに用いられる W の量は異なる実現例において変動し得る。たとえば、1 つの実現例では、層を磁性に保持するために、安定したシールドのために相対的に高いモーメントを維持するために、より少ない W はあるが、アニールでの劣化を抑止するために、十分な W（たとえば 14 原子%以下の W）を用いることは有益かもしれない。いくつかの実現例では、14 原子%を超える W が非磁性層を与えてよい。30

【0030】

図 4 は、非晶質の磁性材料を「A」（CoFeNiB）として S A F シールド構造において用いる実現例を、295 のアニールの後において示す。添加物および非晶質の磁性材料はシールドを安定させる。グラフ 400 は、容易軸（実線によって示される）に沿ったセンサ構造の磁化曲線（または BH ループ）を示す。グラフは磁場の強度（X 軸）に対する（y 軸に沿った）磁束密度の値を示す。磁束密度（nWb / 平方メートルにおいて測定される）は、それが、磁場の強度（エルステッドにおいて測定される）が増大し続けてももはや増大できず一定になる、ある値に到達するまで、磁場の強度に比例して増大する。40

【0031】

非晶質の磁性材料は、強磁性材料（たとえばコバルト（Co）、鉄（Fe）、CoFe、NiFe、CoNiFe）、および耐熱性材料（たとえばタンタル（Ta）、ニオブ（Nb）、ハフニウム（Hf）およびジルコニア（Zr））を含む合金であってもよい。たとえば、合金は CoFeX、NiFeX または CoNiFeX であってもよく、X は耐熱性材料元素の少なくとも 1 つを含む。ここに用いられるように、「非晶質」は、結晶の長範囲規則度特性を欠く固体を指す。非晶質の磁性材料は薄膜として成膜され、磁性のアニール工程中においてのような後成膜処理中において非晶質のままであってよい。50

【0032】

合金は、1%と約30%との間の耐熱性材料を、または合金が非晶質であることを確実にするよう十分に、含んでもよい。この範囲を超えるものを用いることは磁気モーメントを弱め得る。1つの例示的実現例では、合金はCoFeTaであり、6~20%のTaを含む。非晶質の磁性材料に含まれる耐熱性材料の百分率は、そのような合金において用いられる耐熱性材料および強磁性材料に依存してもよい可変値である。実現例によっては、「A」の磁化および厚みは異なるニーズに基いて工学設計することができる。

【0033】

図4に示される実現例では、A層はCoFeNiBを以下の層のSAFシールド構造において含む：CoFeNiB / CoFe / Ru / CoFe / CoFeNiB / CoFe / IrMn。示されるように、CoFeNiBがSAFシールドRLおよび/またはPLにおいて用いられるとき、容易軸ループにおける平坦域は高温アニールの後において残り、反強磁性結合のより少ない劣化を証明する。

10

【0034】

図5A~図5Cは、サイドシールドに対して安定化を与えるために非晶質材料がSAFシールド構造において第1の「A」層の下に薄い挿入層として用いられるリーダ構造に対する磁化曲線を示すグラフ500を示す。図5A~図5Cは、295のアニールの後における、SAF構造を伴うリーダ構造に対する磁化曲線を示すグラフを示す。グラフは、困難軸に沿ったセンサ構造の磁化曲線（またはBHLループ）を示す。グラフは磁場の強度（X軸）に対する（y軸に沿った）磁束密度の値を示す。磁束密度（nWb / 平方メートルにおいて測定される）は、それが、磁場の強度（エルステッドにおいて測定される）が増大し続けてもやはや増大できず一定になる、ある値に到達するまで、磁場の強度に比例して増大する。

20

【0035】

図5Aでは、Taは、以下の層：Ta / NiFe / CoFe / Ru / CoFe / NiFe / CoFe / IrMnのSAFシールド構造において挿入として用いられる非晶質材料である。示されるように、TaがSAFシールドRLの下に挿入されるとき、容易軸ループにおける平坦域は高温アニールの後において残り、反強磁性結合のより少ない劣化を証明する。

30

【0036】

図5Bでは、CoFeBは、以下の層：CoFeB / NiFe / CoFe / Ru / CoFe / NiFe / CoFe / IrMnのSAFシールド構造において挿入層として用いられる非晶質材料である。図5Cでは、CoFeTaは、以下の層：CoFeTa / NiFe / CoFe / Ru / CoFe / NiFe / CoFe / IrMnのSAFシールド構造において挿入層として用いられる非晶質材料である。示されるように、CoFeBまたはCoFeTaがSAFシールドRLの下に挿入されるとき、容易軸ループにおける平坦域は高温アニールの後において残り、反強磁性結合のより少ない劣化を証明する。加えて、Ta以外の磁性材料（たとえばCoFeBまたはCoFeTa）が挿入層として用いられる場合、SAF構造と他の構造（たとえばサイドシールド）との間の結合は中断されず、センサ安定化としてよりよく働くことができる。

40

【0037】

図6は例示リーダ構造の製造の例示動作600を示す。これらの動作はシングルセンサ構造の製造のために記載され、さらに、複数センサ構造にも適用可能である。リーダ構造における層はさまざまな方法（たとえばスパッタリング）によって基板上に堆積されてもよい。

【0038】

ここで図6を参照して、フローチャートは例示実施の形態に従う動作を示す。その手順は、形成動作602において基板上に底部シールド層を形成することを必要とする。これは直接基板上に底部シールドを形成することを伴う必要はなく；介在する材料/層が、底部シールドおよび基板との間に配置されてもよい。

50

【0039】

形成動作 604 はリーダystackを形成する。リーダystackは、AFM層、SAF構造（AFM層に近接して形成されたSAF PL層、SAF PL層に近接して形成されたSAF結合スペーサ層、および結合スペーサ層に近接して形成されたSAF RL層）、SAF構造のRL層に近接して形成されたスペーサ層、スペーサ層に近接して形成されたFL、ならびにFLに近接して形成されたystackキャップ層を含む。

【0040】

形成動作 606 は、交差トラック方向においてリーダystackをパターニングして、リーダystackに近接する分離材料および分離材料の隣のサイドバイアス層を形成することを含む。形成動作 608 は、リーダystackのさらなるパターニングを含んで、磁気トンネル接合および形成動作 606 において形成されたサイドバイアス層に近接する分離材料を形成する。10

【0041】

形成動作 610 では、SAFシールド構造が、ystackキャップ層および 2 つのサイドバイアス層の上に形成される。SAFシールド構造は、ystackキャップ層およびサイドバイアス層に近接して形成されるSAFシールドRLを含むことができる。SAFシールドRu および SAFシールドPLを含む層はSAFシールドRLに近接して形成される。SAFシールドRLは、少なくともNiFeの層および不純物添加物と、RKKY結合層と、固定層とを含むことができる。他の実現例では、SAFシールド構造のRLは、少なくとも非晶質の磁性材料の層を含む。しかし、他の実現例では、SAFシールド構造は挿入層を含む。1つの実現例では、挿入層は、Ta、CoFeB および CoFeTa の少なくとも 1 つを含む非晶質材料を含んでもよい。開示されたSAFシールドRLは、高温アニール処理に耐えるためにSAFシールド構造を強化し、それによって、材料特性の劣化を防ぐ。20

【0042】

最後に、形成動作 612 では、頂部シールドがSAFシールド構造に近接して形成される。頂部シールドと底部シールドとの間のMRセンサystackにおいて形成される層に対して他のさまざまな構成があってもよい。たとえば、MRリーダ構造において、わずか 1 つの頂部シールドの形成を必要とする、単一のセンサまたは複数のセンサがあってもよい。他の実現例では、SAFシールド構造に近接して形成されるシールドAFM層があつてもよい。30

【0043】

上記の明細書、例示およびデータは、この発明の例示実現例の構造および使用の完全な記載を与える。この発明の多数の実現例をこの発明の精神および範囲から逸脱せずに形成することができるので、この発明は以下に添付された特許請求の範囲においてある。さらに、異なる実現例の構造上の特徴が、記載された特許請求の範囲から逸脱せずに、さらに他の実現例において組合せられてもよい。上に記載された実現例および他の実現例は、以下の特許請求の範囲の範囲内にある。

【符号の説明】

【0044】

120 底部シールド、122 頂部シールド構造、124 頂部シールド、126
SAFシールド構造、128 サイドバイアス、130 磁気センサ、132 SAF構造、
134 センサAFM層、136 FL、138 スペーサ層、140 Stacckキャップ層、
142 シールドAFM層40

【図1】

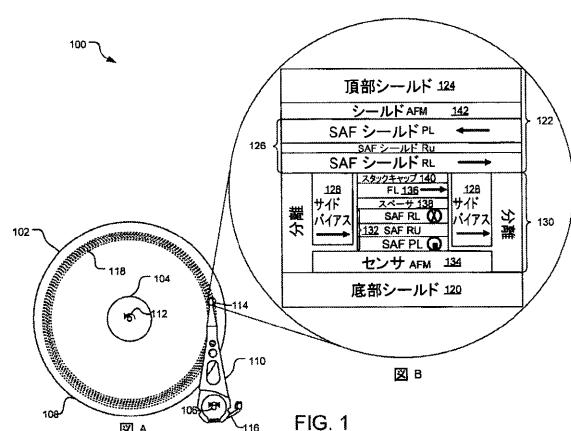


FIG. 1

【 図 2 】

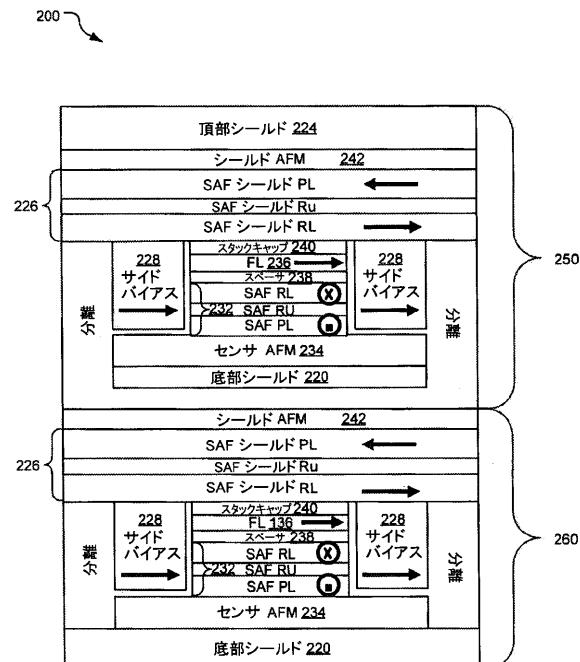


FIG. 2

【図3A】

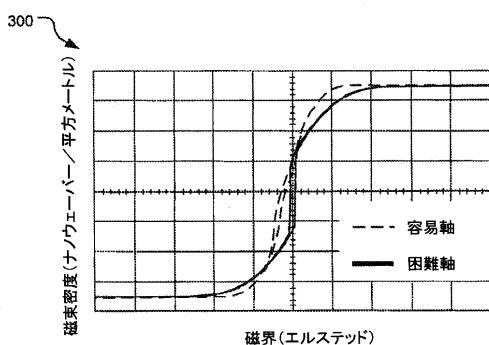


FIG. 3A

【図3B】

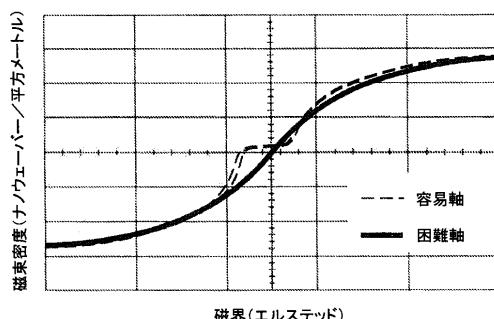


FIG. 3B

【図 4】

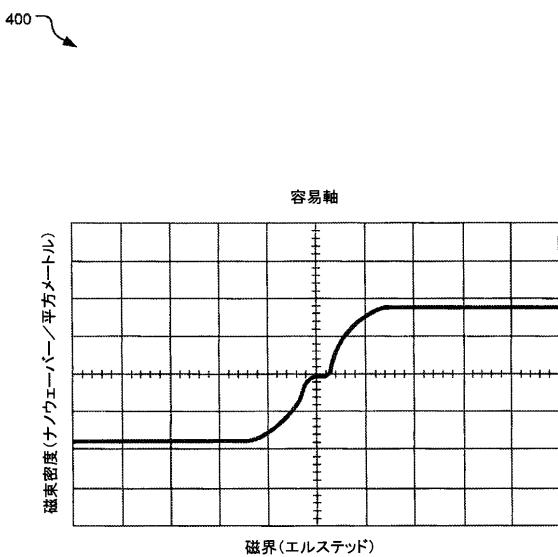


FIG. 4

【図 5 A】

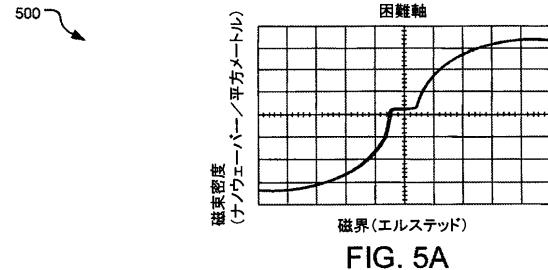


FIG. 5A

【図 5 B】

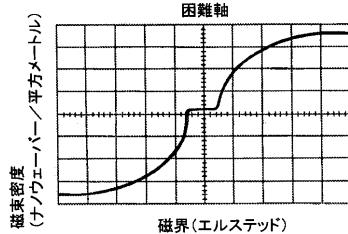


FIG. 5B

【図 5 C】

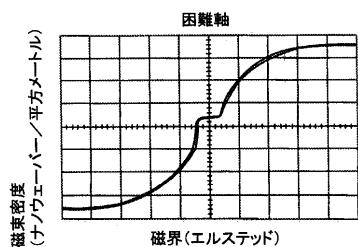


FIG. 5C

【図 6】

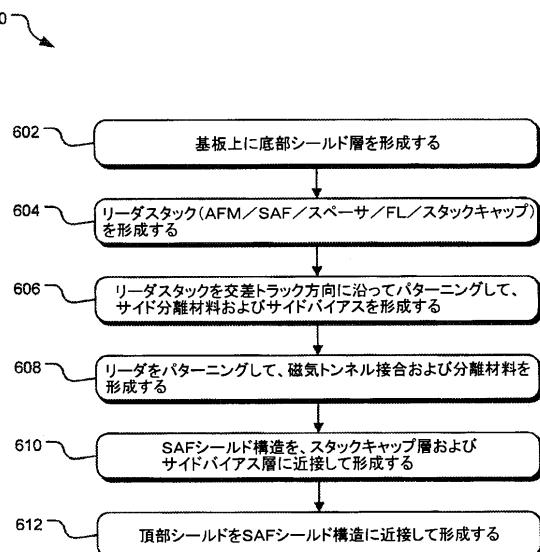


FIG. 6

フロントページの続き

(72)発明者 ゲー・ジグオ

アメリカ合衆国、55044 ミネソタ州、エディナ、タングルウッド・コート、7735

(72)発明者 ショーン・イー・マッキンレー

アメリカ合衆国、55346 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ホーリー・ロード、13905

(72)発明者 エリック・ダブリュ・シングルトン

アメリカ合衆国、55359 ミネソタ州、メープル・プレイン、マーシュ・ポイント・ウェスト
、3780

(72)発明者 タン・リウェン

アメリカ合衆国、55347 ミネソタ州、エデン・プレーリー、ハーオールソン・ドライブ、1
7600

(72)発明者 ジェ-ヨン・イ

アメリカ合衆国、55372 ミネソタ州、プライア-・レイク、クーガー・バス・ノース・ウェ
スト、2731

F ターム(参考) 5D034 BA03 BA04 BA12 BB02 BB08 BB12 BB20 CA00 DA07

5E049 AA01 AA07 AC05 BA16

5F092 AB03 AC08 AC12 AD03 BB31 BC04 BC07 BE06 BE24 BE25

BE27 CA25