

(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2016-212941

(P2016-212941A)

(43) 公開日 平成28年12月15日(2016.12.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/39 (2006.01)	G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
H 0 1 L 43/08 (2006.01)	H 0 1 L 43/08	5 F 0 9 2
H 0 1 L 43/10 (2006.01)	H 0 1 L 43/10	
H 0 1 L 43/12 (2006.01)	H 0 1 L 43/12	

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-242007 (P2015-242007)	(71) 出願人	500373758
(22) 出願日	平成27年12月11日 (2015.12.11)		シーゲイト テクノロジー エルエルシー
(31) 優先権主張番号	14/699,190		Seagate Technology
(32) 優先日	平成27年4月29日 (2015.4.29)		LLC
(33) 優先権主張国	米国 (US)		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・アンザ
			・ブールバード、10200
			10200 South De Anza
			Bldv 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】 TMRセンサのためのMgOバリア層を作製する方法

(57) 【要約】

【課題】 TMRセンサのためのMgOバリア層を作製する方法である。

【解決手段】 上記方法は、第1のチャンバにおいて第1のMg層を堆積するステップと、第1のチャンバまたは第1のチャンバとは異なる第2のチャンバにおいて、酸素の存在下で反応性酸化物堆積プロセスを使用して第1のMg層上に第2のMg層を堆積するステップと、第1のチャンバ、第2のチャンバまたは第3のチャンバのいずれかにおいて、第2のMgO層上に第3のMg層を堆積するステップと、MgOバリア層を形成するよう第1の層、第2の層および第3の層をアニールするステップとを含む。

【選択図】 図3

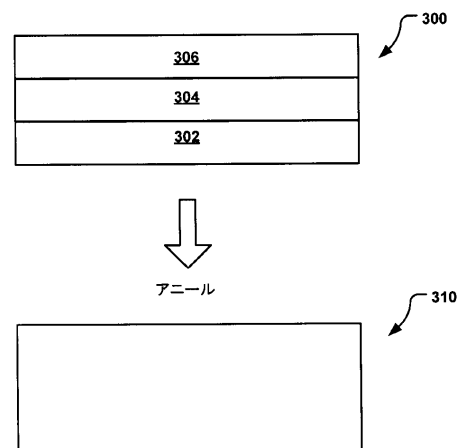


FIG. 3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

TMR センサのための MgO バリア層を作製する方法であって、
Mg ターゲットから第 1 の MgO 源層を堆積するステップと、
酸素の存在下において反応性酸化物堆積プロセスを使用して、Mg ターゲットから前記
第 1 の MgO 源層上に第 2 の MgO 源層を堆積するステップと、
Mg ターゲットから前記第 2 の MgO 源層上に第 3 の MgO 源層を堆積するステップと
、
MgO バリア層を形成するよう、前記第 1 の MgO 源層、前記第 2 の MgO 源層および
前記第 3 の MgO 源層をアニールするステップとを含む、方法。

10

【請求項 2】

前記第 2 の MgO 源層を堆積するステップは O_2 を伴う、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 2 の MgO 源層を堆積するステップは O^{-2} イオンを伴う、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 の MgO 源層を堆積するステップは、第 1 の Mg 層を堆積することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 3 の MgO 源層を堆積するステップは、第 3 の Mg 層を堆積することを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 6】

前記第 2 の MgO 源層を堆積するステップは、酸素の存在下で Mg 層を堆積することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 2 の MgO 源層を堆積するステップは、Ar、Kr、Xe、He、および Ne から選択されるスパッタリングガスを利用することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

TMR センサのための MgO バリア層を作製する方法であって、
第 1 のチャンバにおいて第 1 の Mg 層を堆積するステップと、
前記第 1 のチャンバまたは前記第 1 のチャンバとは異なる第 2 のチャンバにおいて、酸素の存在下で、反応性酸化物堆積プロセスを使用して前記第 1 の Mg 層上に第 2 の Mg 層を堆積するステップと、
前記第 1 のチャンバ、前記第 2 のチャンバまたは第 3 のチャンバのいずれかにおいて前記第 2 の MgO 層上に第 3 の Mg 層を堆積するステップと、
MgO バリア層を形成するよう前記第 1 の層、前記第 2 の層および前記第 3 の層をアニールするステップとを含む、方法。

30

【請求項 9】

前記第 1 の Mg 層を堆積するステップは Mg ターゲットから行われ、前記第 3 の Mg 層を堆積するステップは Mg ターゲットから行われる、請求項 8 に記載の方法。

40

【請求項 10】

前記第 3 の Mg 層を堆積するステップは前記第 1 のチャンバにおいて行われ、前記第 3 の Mg 層を堆積するための前記 Mg ターゲットは、前記第 1 の Mg 層を堆積するための前記 Mg ターゲットと同じである、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記第 2 の Mg 層を堆積するステップは Mg ターゲットから行われる、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 3 の Mg 層を堆積するステップは前記第 2 のチャンバにおいて行われ、前記第 3 の Mg 層を堆積するための前記 Mg ターゲットは、前記第 2 の Mg 層を堆積するための前

50

記 Mg ターゲットと同じである、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記第 2 の Mg 層を堆積するステップは O_2 を伴う、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 2 の Mg 層を堆積するステップは O^{-2} イオンを伴う、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 15】

前記第 2 の Mg 層を堆積するステップは第 1 のチャンバにおいて行われ、前記第 2 の Mg 層を堆積するための前記 Mg ターゲットは、前記第 1 の Mg 層を堆積するための前記 Mg ターゲットと同じである、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 16】

前記第 3 の Mg 層を堆積するステップは前記第 2 のチャンバにおいて行われる、請求項 15 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

背景

酸化マグネシウム (MgO) バリア層を有するトンネル磁気抵抗 (TMR: tunneling magnetoresistive) センサは、高い TMR 値および低い面積抵抗 (RA) も提供するシンプルかつ堅牢なバリア層により、多くの商業用ディスクドライブ製品において読取機として使用されている。

【0002】

ドライブ容量の増加についての要求が大きくなるにつれて、低い RA を維持しつつ読取機センサの TMR を増加する必要性があるが、これは大きな困難となっている。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

概要

本願明細書において記載される 1 つの特定の実現例は、TMR センサのための MgO バリア層を作製する方法であって、上記方法は、Mg ターゲットから第 1 の MgO 源層を堆積するステップと、酸素の存在下において反応性酸化物堆積プロセスを使用して、Mg ターゲットから第 1 の層上に第 2 の MgO 源層を堆積するステップと、Mg ターゲットから第 2 の層上に第 3 の MgO 源層を堆積するステップと、MgO バリア層を形成するよう、第 1 の MgO 源層、第 2 の MgO 源層および第 3 の MgO 源層をアニールするステップとを含む。

【0004】

別の特定の実現例は、TMR センサのための MgO バリア層を作製する方法であって、上記方法は、第 1 のチャンバにおいて第 1 の Mg 層を堆積するステップと、第 1 のチャンバまたは第 1 のチャンバとは異なる第 2 のチャンバにおいて、酸素の存在下で、反応性酸化物堆積プロセスを使用して第 1 の Mg 層上に第 2 の Mg 層を堆積するステップと、第 1 のチャンバ、第 2 のチャンバ、または第 1 のチャンバおよび第 2 のチャンバの両方とは異なる第 3 のチャンバのいずれかにおいて、第 2 の MgO 層上に第 3 の Mg 層を堆積するステップと、MgO バリア層を形成するよう第 1 の層、第 2 の層および第 3 の層をアニールするステップとを含む。

【0005】

この概要は、詳細な説明においてさらに以下に記載される概念のセレクションを簡素化された形態で紹介するために提供される。この概要は、特許請求される主題の主な特徴または必須の特徴を識別するようには意図されておらず、特許請求される主題の範囲を限定するために使用されることも意図されていない。これらおよびさまざまな他の特徴および利点は、以下の詳細な説明を読むことで明らかになるであろう。

【0006】

10

20

30

40

50

記載される技術は、添付の図面に関連して解釈されるさまざまな実現例を記載する以下の詳細な説明から最もよく理解される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】例示的なデータストレージシステムの上面平面図である。

【図2】トンネル磁気抵抗 (TMR) センサの例の概略的な側面図である。

【図3】トンネルバリア層の例の概略的な側面図である。

【図4】MgOバリア層を形成する例示的な方法の段階的なフロー図である。

【図5】MgOバリア層を形成する別の例示的な方法の段階的なフロー図である。

【図6】MgOバリア層を形成する別の例示的な方法の段階的なフロー図である。

【図7】MgOバリア層を形成する別の例示的な方法の段階的なフロー図である。

【図8】TMRセンサを形成する例示的な方法の段階的なフロー図である。

【図9】TMRセンサについてのRAの関数としてのTMRのグラフ図である。

【図10】TMRセンサについてのRAの関数として自由層交換結合 (Hex) のグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

詳細な説明

上に示されるように、特にMgOバリア層が存在する場合、低いRA (たとえば $< 0.7 \mu\text{m}^2$) を維持しつつ読取機センサのTMRを増加させることは困難であった。

【0009】

無線周波数 (RF) 堆積プロセスがMgOバリア層を形成するために使用される場合、プラズマイオンがRF-MgOバリア層にダメージを与え、これがバリアの貧弱なバリアテクスチャ構造およびバリアにおけるピンホールにつながり、これらのすべてがTMRの低減および低いRAでの自由層との交換結合の増加 (所望でない) につながる。増加した面積密度を得る1つの方法は、MgOバリア層の品質を向上させることである。本開示は、MgOバリア層を形成するために代替的なプロセスを使用することによってイオンダメージの問題へのソリューションを提供する。

【0010】

バリア堆積のためにRF堆積プロセスおよびMgO酸化物ターゲットを使用する代わりに、本開示は、MgOバリア層の少なくとも一部を形成するために反応性酸化 (R-ox: reactive oxidation) MgO堆積プロセスの使用を記載しており、これは、酸素ガスのような酸素の存在下でMg金属膜を堆積することにより行われる。そのようなR-ox MgOプロセスは、Mg金属膜の低パワーの堆積 (たとえば600W未満または200W未満) で行われ、堆積された膜に対してイオンダメージをほとんどまたはまったく作り出さず、特に低いRAでのMgOバリア層の自由層交換結合を低減するとともにセンサのTMRを増加させる能力を有する。さらに、R-ox堆積プロセスによって形成されたMgOバリア層は、RF-MgOバリア層よりも均一かつ平滑であり、ピンホールが少ない。

【0011】

以下の記載において、本願明細書の一部を形成するとともに少なくとも1つの特定の実現例が例示により示される添付の図面が参照される。以下の記載は、付加的な特定の実現例を提供する。本開示の範囲または精神から逸脱することがなければ、他の実現例が考えられかつ作製されてもよいということが理解されるべきである。以下の詳細な説明はしたがって、限定的な意味で解釈されるべきではない。本開示はそのようには限定されず、当該開示のさまざまな局面の理解は、以下に提供される例の議論を通じて得られるであろう。

【0012】

図1は、例示的なデータストレージシステム100、特定的にはディスクドライブ100の斜視図を示す。ディスクドライブ100は、1つ以上の回転可能な磁気データストレージ媒体またはディスク102が位置する筐体101を形成するよう結合する基部および

10

20

30

40

50

トップカバーを含む。ディスク 102 は、動作の間にスピンドル中心またはディスク回転軸 104 の周りを回転する。ディスク 102 は内径 106 および外径 108 を含んでおり、その間には円形の破線によって示される多くの同心のデータトラック 110 が存在する。データトラック 110 は、実質的に円形であり、ディスク 102 上においてドットまたは楕円として示される規則的に間隔が置かれたビット 112 から構成される。しかしながら、記載される技術は、連続的な磁気媒体、ディスクリットトラック (DT: discrete track) 媒体などを含む他のタイプのストレージ媒体とともに使用され得ることが理解されるべきである。

【0013】

異なるデータトラック 110 においてディスク 102 上のビット 112 に情報が書き込まれるとともに情報がビット 112 から読み出され得る。アクチュエータ回転軸 122 を有するヘッドジンバルアセンブリ (HGA) 120 は、ディスク動作の間にディスク 102 の表面の上に近接近して、スライダ 124 をアーム 126 上に支持する。複数のディスク 102 のパックが利用される場合、各ディスク 102 または媒体表面は、その対応するディスク 102 に隣接および連通して搭載される関連付けられるスライダ 124 を有する。

10

【0014】

ディスク 102 に最も近くかつ反対側のスライダ 124 の表面は、空気軸受面 (ABS: air-bearing surface) と呼ばれる。使用時には、シーク動作の間、ヘッドジンバルアセンブリ 120 は、アクチュエータ回転軸 122 の周りを回転して、データトラック 110 の対象データトラックの上にスライダ 124 およびヘッドジンバルアセンブリ 120 を位置決めする。ディスク 102 がスピンすると、スライダ 124 とディスク 102 の表面との間に空気の層が形成され、スライダ 124 がディスク 102 の上を「飛ぶ」ことになる。その後、スライダ 124 上のトランスデューサが、対象データトラック 110 においてビット 112 からデータを読み出すまたは書き込む。

20

【0015】

図 1 の差し込み図は、ABS から見たトランスデューサ 130、特にトンネル磁気抵抗 (TMR) センサの例示的な実現例の部分を示す。トランスデューサ 130 またはセンサ 130 は、ピン基準層 132 と自由層 134 とを含む複数の強磁性層と、その間の非磁性の誘電性 MgO (酸化マグネシウム) バリア層 136 とによって形成される。MgO バリア層 136 は、部分的に反応性酸化堆積プロセスを利用して形成された。

30

【0016】

図 2 を参照して、TMR センサ 200 は、薄い非磁性誘電体層によって分離される強磁性層を有する層の積層体として示される。

【0017】

TMR センサ 200 における底 (シード) 層 202 は、層を重ねる際に平滑かつ稠密な結晶成長を促進する 1 つ以上のシード層から一般に形成される。シード層 202 の上および随意には隣接しているのは、反強磁性 (AFM: antiferromagnetic) ピン層 204 および合成反強磁性 (SAF: synthetic antiferromagnetic) 構造 206 であり、合成反強磁性構造 206 は、強磁性ピン層 208 と、非磁性スペーサ層 (たとえば Ru スペーサ層) 210 と、基準層 212 とから構成され、AFM 層 204 上に存在する。特に MgO バリア層であるトンネルバリア層 214 は、SAF 構造 206 の上、特に基準層 212 の上に位置決めされる。強磁性の「自由」層 216 は、MgO バリア層 214 上に形成される。TMR センサ 200 の頂部にはキャップ層 218 が存在する。

40

【0018】

SAF 構造 206 は、隣接する AFM 層 204 との交換結合によって固定される。自由層 216 は、基準層 212 における磁気モーメントに平行または逆平行であるとともに外部磁界に応答してスイッチングする磁気モーメントを有する。MgO バリア層 214 は、伝導電子の量子力学的トンネリング (quantum mechanical tunneling) によって電流がそれを通過し得るほど十分に薄い。バリア層 214 を通るトンネル電流、したがってセンサ

50

200の抵抗を決定するのは、自由層216と基準層212との間の磁気モーメントの相対的な方位である。

【0019】

磁気読取ヘッド250において、TMRセンサ200は、底部シールド252と頂部シールド254との間に形成される。TMRセンサ200を接続するために、さまざまな導体および/または電極が読取ヘッド250に存在する。

【0020】

電流が頂部シールド254から底部シールド252までTMR層の面に垂直な方向に流される場合(CPP指定)、自由層216および基準層212の磁化方向が平行状態であれば低い抵抗が検出され、自由層216および基準層212の磁化方向が逆平行状態であればより高い抵抗が示される。

【0021】

巨大磁気抵抗(GMR:giant magnetoresistive)センサに対するTMRセンサの利点は、より高いMR比と、高い記録密度のためのCPP形状についての優位性を含む。読取機における高性能TMRセンサは、低いRA(面積×抵抗)値、高いMR比、磁気歪みが低いソフトな自由層、強いSAF構造、および、バリア層を介した自由層と基準層との間の低い交換結合を有するべきである。MR比は dR/R であり、RはTMRセンサの最小の抵抗であり、dRは自由層の磁気状態を変更することにより観察される抵抗の変化である。MR比(すなわち dR/R)がより高ければ、TMRセンサの読み出しスピードが向上される。高記録密度または高周波数用途の場合、 $0.7 \mu m^2$ 未満までRAを低減することが望ましい。低いRAの結果として、MR比は著しく低下する。妥当な信号対雑音(SNR)比を維持するためには、より高いMR比が望ましい。

【0022】

この実現例において、MgOトンネルバリア層214は、互いの上に個々に形成された後、センサ200がポスト熱アニールされてからMgOバリア層214に変換される3つのMgO源層から形成される。図3は、アニールの前のMgOトンネルバリア前層300の拡大図を示す。前層300は、第1の層302、第2または中間層304、および第3の層306を有しており、第2の層304は第1の層302および第3の層306に対して内部である。3つの層302, 304, 306の各々は約0.1から20の範囲の厚さを有しており、これらの厚さは、層302, 304, 306の間で同じまたは異なり得る。

【0023】

第1の層302は、Mg金属層を堆積することにより形成されており、たとえば金属MgターゲットからDCスパッタ堆積プロセスによって形成される。第2の層304は、少量の酸素(O_2)によって金属MgターゲットからMg金属を第1の層302上に反応により堆積することによって形成される。R-ox堆積の間の酸素の存在により、Mg金属は少量の酸素でドーブされる。R-ox堆積のための堆積パワーは、たとえば約10Wおよび600Wの範囲内である。第3の層306は、たとえばDCスパッタ堆積によって金属MgターゲットからMg金属層を堆積することにより形成される。

【0024】

層302, 304, 306のうちのいずれかまたはすべてについての堆積温度は約400未満である。R-ox堆積またはDC堆積のいずれかについての堆積速度は約0.01~10/sである。

【0025】

3つの層302, 304, 306が形成された後、典型的に読取機積層体全体が形成された後、前層300は熱アニールプロセスに晒され、これにより、3つの層302, 304, 306がMgOに変換されるとともに層302, 304, 306をすべてが一緒になるよう融合され、層全体にわたって均質の結晶構造を有するMgOバリア層310が得られる。いくつかの実現例において、アニールの後、層同士の間(たとえば層302と層304との間または層304と層306との間)に界面が発見され得ない。

【0026】

さらに、いくつかの実現例において、結果得られたMgO層310の全体にわたって化学構造が均質である。

【0027】

3つのMgO源層を堆積するための例示的なプロセス機器アセンブリは、複数のチャンバおよびターゲットを有しており、TMRセンサのすべての層、いくつかの実現例では磁気読取ヘッドのすべての層を形成するように構成され得る。堆積アセンブリは、複数の高真空物理気相蒸着(PVD: physical vapor deposition)チャンバを有しており、その各々はウェハを内部に受け入れるように構成される。当該チャンバは、DCスパッタリング、RFスパッタリング、または蒸着(evaporation deposition)のために構成され得る。少なくとも1つのターゲットが各チャンバに作用可能に接続されており、材料の源が配置される。スパッタガスから生成されたイオンはターゲットに衝突し、イオン化された材料ビームが作り出され、次いでそれがウェハ面上に堆積される。好適なスパッタガスの例は、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)、ヘリウム(He)およびネオン(Ne)を含む。いくつかの実現例では、複数のターゲットが使用される。

【0028】

1つの特定の実現例において、第1のMg層はDCスパッタ堆積プロセスを使用して第1のチャンバにおいて形成され、第2のMgO層は酸素源を用いてR-ox堆積を使用して第2のチャンバにおいて形成され、第3のMg層はDCスパッタ堆積を使用して第3のチャンバにおいて形成される。このようなプロセスは、3つのMg層が形成されるので「トリプルMgプロセス」と称される。

【0029】

Mg/MgO層を形成する前に、AFM層および強磁性ピン層のようなセンサ積層体の他の層が、堆積アセンブリにおいて、上記チャンバのうちのいずれか1つ以上に基板上に形成され得る。付加的または代替的には、Mg/MgO層を形成した後、強磁性自由層のようなセンサ積層体の他の層がMg/MgO層上にその後で形成され得る。

【0030】

図4は、本開示に従った、MgOバリア層を形成するための例示的な方法400を提供する。動作402において、Mgターゲットを有する第1のチャンバにおいて、DCスパッタ堆積を介して、強磁性基準層(RL)上に第1の層が堆積される。動作404において、第2のチャンバにおいて反応性酸化(R-ox)堆積を介して第1の層上に第2の層が堆積される。R-ox堆積のためのターゲットはMg金属ターゲットである。R-ox堆積の間に、酸素イオンが第2のチャンバへ提供(たとえば注入)される。酸素は、たとえば圧縮酸素源または圧縮空気源からO₂として提供され得るか、または、チャンバにおけるイオン化源に晒される際にO⁻²を形成するよう解離する源によって提供され得る。酸素イオン源の例は、H₂OおよびH₂O₂を含む。動作406において、第3の層は、Mgターゲットを有する第3のチャンバにおいてDCスパッタ堆積を介して第2の層上に堆積される。動作408において、第1の層、第2の層および第3の層は、たとえば、30分から8時間の間、約150 から400 の温度で、アニールプロセスに晒される。

【0031】

図5は、本開示に従った、MgOバリア層を形成するための例示的な方法500を提供する。別の態様で示されなければ、方法500のあるステップおよび/または詳細は方法400と同じまたは同様である。動作502において、Mgターゲットを有する第1のチャンバにおいて、DCスパッタ堆積を介して、強磁性基準層(RL)上に第1の層が堆積される。動作504において、第2のチャンバにおいて反応性酸化(R-ox)堆積を介して第1の層上に第2の層が堆積される。R-ox堆積のためのターゲットはMg金属ターゲットである。O₂またはO⁻²のいずれかとしての酸素がR-ox堆積の間に第2のチャンバへ提供(たとえば注入)される。動作506において、第3の層は、Mgターゲットを有する第2のチャンバにおいてDCスパッタ堆積を介して第2の層上に堆積される。このMgターゲットは、第2の層に使用されたのと同じまたは異なるターゲットであり

得る。動作 508 において、第 1 の層、第 2 の層および第 3 の層はアニールプロセスに晒される。

【0032】

図 6 は、本開示に従った、MgO バリア層を形成するための例示的な方法 600 を提供する。別の態様で示されなければ、方法 600 のあるステップおよび / または詳細は方法 400 および / または方法 500 と同じまたは同様である。動作 602 において、Mg ターゲットを有する第 1 のチャンバにおいて、RF スパッタ堆積を介して、強磁性基準層 (RL) 上に第 1 の層が堆積される。動作 604 において、第 2 のチャンバにおいて反応性酸化 (R-ox) 堆積を介して第 1 の層上に第 2 の層が堆積される。R-ox 堆積のためのターゲットは Mg 金属ターゲットである。O₂ または O⁻² のいずれかとしての酸素が、R-ox 堆積の間に第 2 のチャンバに提供 (たとえば注入) される。動作 606 において、第 3 の層は、Mg ターゲットを有する第 1 のチャンバにおいて DC スパッタ堆積を介して第 2 の層上に堆積される。この Mg ターゲットは、第 1 の層に使用されたのと同じまたは異なるターゲットであり得る。動作 608 において、第 1 の層、第 2 の層および第 3 の層はアニールプロセスに晒される。

10

【0033】

図 7 は、本開示に従った、MgO バリア層を形成するための例示的な方法 700 を提供する。別の態様で示されなければ、方法 700 のあるステップおよび / または詳細は方法 400、方法 500 および / または方法 600 と同じまたは同様である。動作 702 において、Mg ターゲットを有する第 1 のチャンバにおいて、DC スパッタ堆積を介して、強磁性基準層 (RL) 上に第 1 の層が堆積される。動作 704 において、第 1 のチャンバにおいて反応性酸化 (R-ox) 堆積を介して第 1 の層上に第 2 の層が堆積される。R-ox 堆積のためのターゲットは Mg 金属ターゲットである。この Mg ターゲットは、第 1 の層に使用されたのと同じまたは異なるターゲットであり得る。O₂ または O⁻² のいずれかとしての酸素が、R-ox 堆積の間にチャンバへ提供 (たとえば注入) される。動作 706 において、第 3 の層は、Mg ターゲットを有する第 2 のチャンバにおいて DC スパッタ堆積を介して第 2 の層上に堆積される。この Mg ターゲットは、第 2 の層に使用されたのと同じまたは異なるターゲットであり得る。動作 708 において、第 1 の層、第 2 の層および第 3 の層はアニールプロセスに晒される。

20

【0034】

方法 400、600 および 700 の各々において、第 3 の層は、酸素が加えられた (すなわち第 2 の層の堆積のために) チャンバと異なるチャンバにおいて堆積される。第 3 の層のために第 2 の層とは異なるチャンバを利用することによって、第 3 の層の汚染が低減される。

30

【0035】

図 8 は、TMR センサを形成するための例示的な方法 800 を提供する。動作 802 において、シード層は底部シールド上に形成される。動作 804 において、反強磁性 (AFM) 層はシード層上に設けられる。動作 806 において、(ピン層 (PL)、スペーサ層 (たとえば Ru 層) および基準層 (RL) を含む) SAF 構造が AFM 層上に設けられる。動作 808 において、3 つの MgO 源層が SAF 構造の基準層上に設けられ、これらの 3 つの MgO 源層は、たとえば図 4 の方法 400、図 5 の方法 500、図 6 の方法 600 または図 7 の方法 700 のうちのいずれかによって形成され得る。動作 810 において、自由層が MgO 源層上に形成される。動作 812 において、キャップ層が自由層上に設けられる。動作 814 において、頂部シールドがキャップ層上に形成される。動作 816 において、(MgO 源層を含む) 全積層体がアニールされて、MgO バリア層を有する TMR センサが形成される。

40

【0036】

図 9 は、反応性酸化 MgO プロセス (R-ox MgO) によって形成される MgO バリア層を有する TMR センサと、従来の RF-MgO プロセスによって形成される MgO バリアを有する TMR センサとの両方について、正規化された RA の関数として正規化さ

50

れた TMR のグラフを示す。R - o x M g O プロセスは R F - M g O プロセスより高い TMR を示す。

【 0 0 3 7 】

図 1 0 は、反応性酸化 M g O プロセス (R - o x M g O) によって形成される M g O バリア層を有する TMR センサと、従来の R F - M g O プロセスによって形成される M g O バリア層を有する TMR センサとの両方について、正規化された R A の関数として正規化された自由層交換結合 (H _ e x) のグラフを示す。グラフから、R - o x M g O は自由層交換結合フィールド (H _ e x) を低減し得ることが分かる。

【 0 0 3 8 】

図 9 および図 1 0 の両方は、R - o x M g O プロセスを使用することにより、M g O バリア層の品質が向上することを示す。R - o x M g O プロセスから得られる M g O バリア層は、R F - M g O プロセスによって形成された M g O バリア層よりも、より均一であり、より平滑であり、より少ないピンホールを有する。さらに、R - o x M g O プロセスによって形成された M g O バリア層により、得られた TMR センサは、R F - M g O プロセスによって形成される M g O バリア層を有する TMR センサよりも、高い TMR および低い H _ e x を有する。

【 0 0 3 9 】

このように、反応性酸化 (R - o x) M g O 堆積プロセスによって形成された M g O バリア層のさまざまな特徴を記載した。上記の明細書は、本発明の例示的な実現例の構造および使用の完全な記載を提供する。上記の記載は特定の実現例を提供する。本開示の範囲または精神から逸脱することがなければ、他の実現例が考えられ作製されてもよいということが理解されるべきである。上記の詳細な説明はしたがって、限定的な意味において解釈されるべきではない。本開示はそのようには限定されず、当該開示のさまざまな局面の理解は、提供された例の議論を通じて得られるであろう。

【 0 0 4 0 】

別の態様で示されなければ、機構のサイズ、量および物理的性質を示すすべての数字は、「約」という用語によって修飾されると理解されるべきである。したがって、それと反対に示されなければ、記載される任意の数値パラメータは、本願明細書において開示された教示を利用する当業者によって得よう求められる所望の特性に依存して変化し得る近似である。

【 0 0 4 1 】

本願明細書において使用されるように、「1つの (a ; a n) 」および「その (t h e) 」という単数形は、内容が明白に別の態様を示さなければ、複数の指示物を有する実現例を包含する。この明細書および添付の特許請求の範囲において使用されるように、「または」という用語は一般に、内容が明白に別の態様を示さなければ、「および/または」を含む意味で使用される。

【 0 0 4 2 】

「底部」、「下部」、「頂部」、「上部」、「下」、「下方」、「上方」、「の上」、「上」などを含むがこれらに限定されない空間に関連する用語は、本願明細書において使用される場合、ある要素の別の要素に対する空間的関係を説明するために、記載の容易さのために利用される。そのような空間に関連する用語は、図において示されるとともに本願明細書において記載された特定の方位に加えて、デバイスの異なる方位を包含する。たとえば、図において示される構造が回転またはひっくり返される場合、他の要素の下または下側として以前に記載された部分は、当該他の要素の上または上側に存在することになる。

【 0 0 4 3 】

本発明の精神および範囲から逸脱することがなければ本発明の多くの実現例が作製され得るので、本発明は添付の特許請求の範囲内に存在する。更に、記載される特許請求の範囲から逸脱することがなければ、異なる実現例の構造的特徴は、さらに別の実現例において組み合わせられてもよい。

10

20

30

40

50

【図 1】

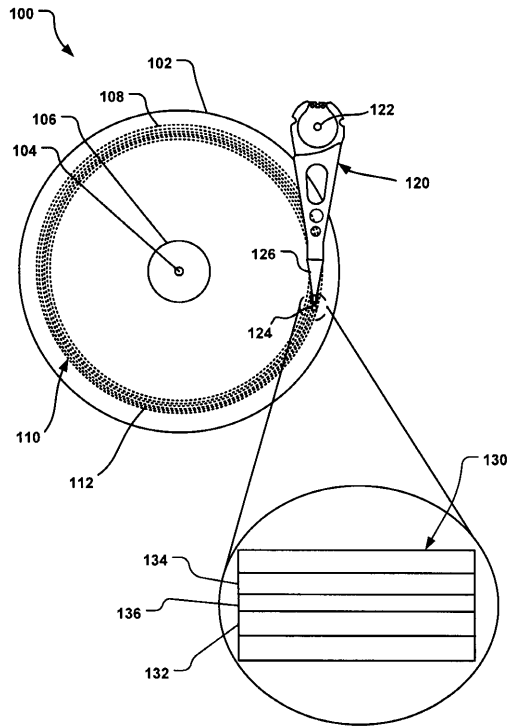


FIG. 1

【図 2】

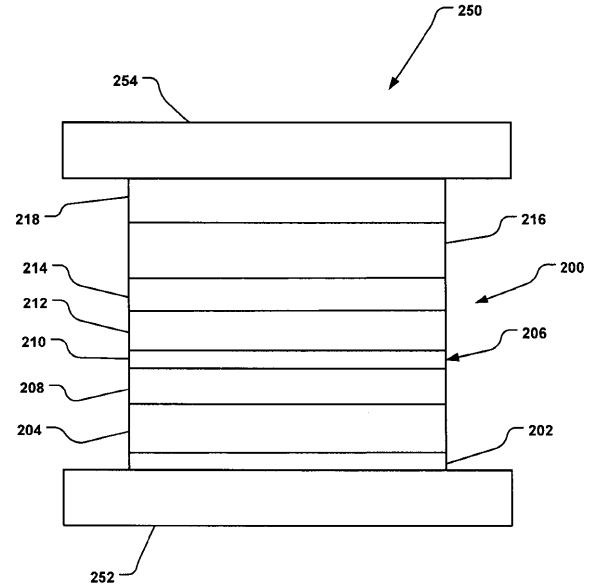


FIG. 2

【図 3】

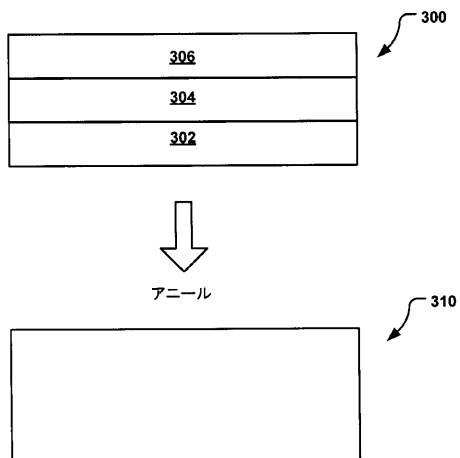


FIG. 3

【図 4】

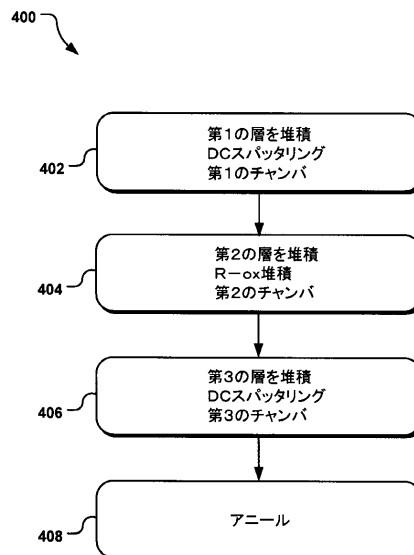


FIG. 4

【図 5】

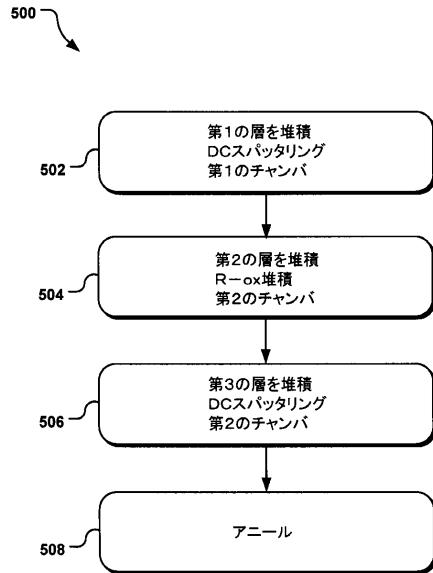


FIG. 5

【図 6】

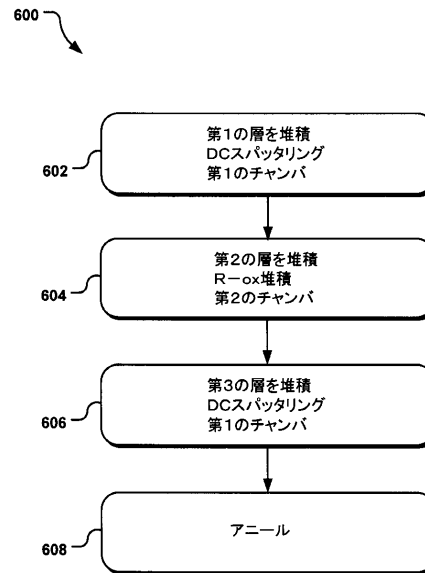


FIG. 6

【図 7】

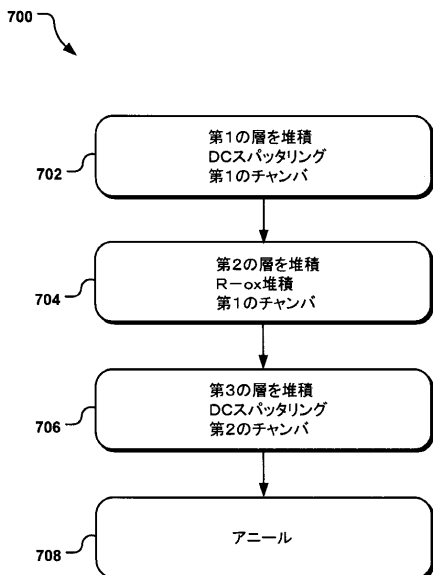


FIG. 7

【図 8】

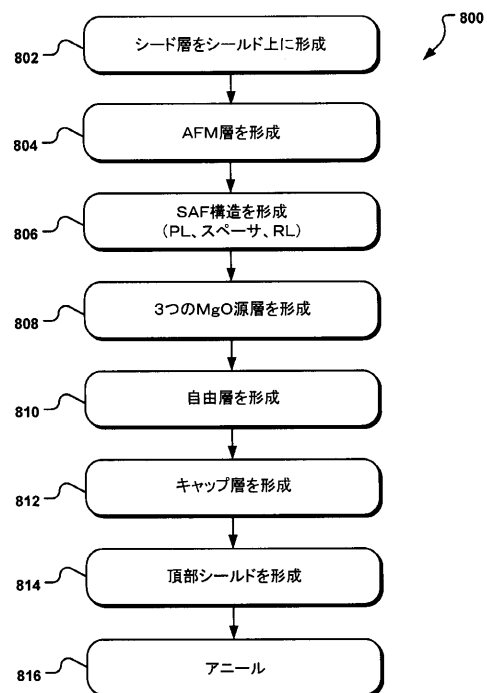


FIG. 8

【 図 9 】

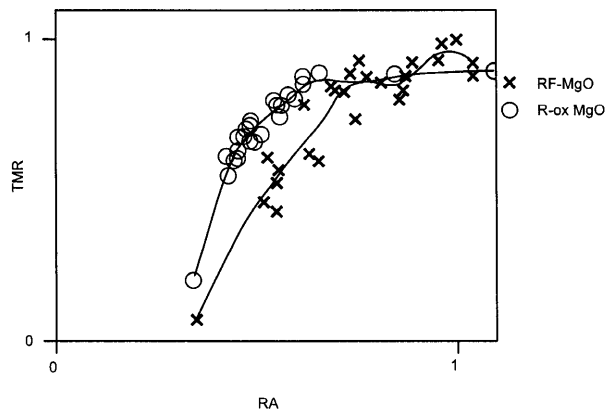


FIG. 9

【 図 10 】

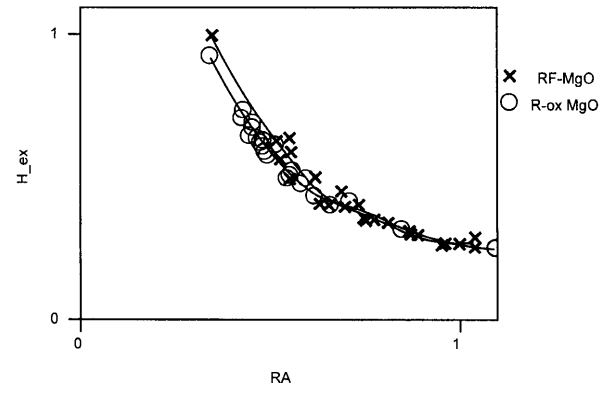


FIG. 10

フロントページの続き

(72)発明者 チン・ホー

アメリカ合衆国、 5 5 4 4 6 ミネソタ州、プリマス、ブラック・オークス・レーン、 3 8 4 5

(72)発明者 イ・ジェ - ヨン

アメリカ合衆国、 5 5 3 7 2 ミネソタ州、プライアー・レイク、クーガー・パス・ノース・ウェ
スト、 2 7 3 1

(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、 5 5 3 5 9 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
、 3 7 8 0

F ターム(参考) 5D034 BA03 BA04 BA06 BA08 BA15 BA30 BB08 BB12 CA06 CA08

DA04 DA07

5F092 AA02 AA11 AB03 AC12 AD03 BB36 BC04 BC07 CA02 CA13

CA25