

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6069265号
(P6069265)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月6日(2017.1.6)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 5/39 (2006.01)

F I

G 1 1 B 5/39

請求項の数 8 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2014-151654 (P2014-151654)
 (22) 出願日 平成26年7月25日 (2014.7.25)
 (65) 公開番号 特開2015-28832 (P2015-28832A)
 (43) 公開日 平成27年2月12日 (2015.2.12)
 審査請求日 平成27年6月29日 (2015.6.29)
 (31) 優先権主張番号 13/953, 936
 (32) 優先日 平成25年7月30日 (2013.7.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 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・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】 磁気抵抗性センサシールド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

センサスタックの第 1 の側に位置するシールドを備え、前記シールドは、
 強磁性材料の第 1 の層と、
 強磁性材料の第 2 の層と、
 前記第 1 の層と前記第 2 の層とを分離する結合スペーサ層とを含み、前記第 1 の層と前
 記第 2 の層との間の距離は、前記センサスタックからクロストラック方向に離れた第 2 の
 領域よりも前記センサスタックの近位の第 1 の領域において大きい、センサ装置。

【請求項 2】

センサスタックの第 1 の側に位置するシールドを備え、前記シールドは、
 強磁性材料の第 1 の層と、
 強磁性材料の第 2 の層と、
 前記第 1 の層と前記第 2 の層とを分離する結合スペーサ層とを備え、前記第 1 の層と前
 記第 2 の層との間の距離は、前記センサスタックからクロストラック方向に離れた第 2 の
 領域よりも前記センサスタックの近位の第 1 の領域において大きく、さらに、
 前記シールドを前記センサスタックから分離する第 1 非磁性層を備える、センサ装置。

【請求項 3】

前記センサスタックのクロストラック側に側面シールドをさらに備え、
 前記第 1 非磁性層は、前記シールドを前記側面シールドから分離する、請求項 2 に記載
 のセンサ装置。

10

20

【請求項 4】

前記センサスタックの近位の前記第 1 の領域は、前記センサスタックと前記シールドとが積層される方向において、前記センサスタックの中心に整列した領域を含む、請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載のセンサ装置。

【請求項 5】

前記結合スペーサ層は可変厚さを有する、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のセンサ装置。

【請求項 6】

前記第 1 の層と前記第 2 の層との間に第 2 非磁性層をさらに備える、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のセンサ装置。

10

【請求項 7】

前記第 2 非磁性層は、前記クロストラック方向の前記センサスタックの長さよりも大きい、前記クロストラック方向の長さを有する、請求項 6 に記載のセンサ装置。

【請求項 8】

前記第 2 非磁性層は、前記シールドに対向する前記センサスタックの表面を越えて前記クロストラック方向に延在する両縁端を有する、請求項 6 に記載のセンサ装置。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

磁気データ記憶および検索システムにおいて、磁気読み書きヘッドは、磁気ディスク上に格納された、磁気的に符号化された情報を検索するための磁気抵抗性（MR）センサを有するリーダ部分を含む。ディスク表面からの磁束は、MR センサの検知層の磁化ベクトルの回転を招き、これは MR センサの電気抵抗率の変化を招く。MR センサの抵抗率の変化は、MR センサに電流を通過させ、MR センサにわたる電圧降下を測定することによって検出されることができる。外付け回路が次に電流情報を適当な形式に変換し、この情報を操作してディスク上に符号化された情報を回復する。

20

【0002】

磁気記憶媒体技術の改善は、今日利用可能な磁気ディスク上の面の記録密度を可能にする。しかしながら、面の記録密度が高まるにつれて、より小型の、より高感度の MR センサが所望される。MR センサのサイズが小さくなるにつれて、MR センサは適用される場に対する磁気ディスクからの望ましくない磁気応答を示す潜在的な可能性を有する。効果的な MR センサは、磁気ノイズを低減または排除し得、ディスク上に書き込まれたデータの正確な回復のために十分な振幅を持つ信号を提供し得る。

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0003】

本明細書に記載および主張される実装例は、センサスタックの第 1 の側面上に位置付けられたシールドを提供し、このシールドは、強磁性材料の第 1 の層、強磁性材料の第 2 の層、および第 1 の層と第 2 の層とを分離する結合スペーサ層を含み、第 1 の層と第 2 の層との間の距離は、センサスタックから離れた領域よりも、センサスタックの近位の領域において大きい。

40

【0004】

本概要は、以下の発明を実施するための形態においてさらに説明される概念の選択を簡略化された形式で紹介するために提供される。本概要は、特許請求の範囲に記載された対象の重要な特徴または必要不可欠な特徴を特定することを意図せず、また特許請求の範囲に記載された対象を制限するように用いられることも意図しない。特許請求の範囲に記載された対象の他の特徴、詳細、効用、および利点は、付随する図面においてさらに図示され、添付の特許請求の範囲において画定される種々の実装例および実装例の以下のより具体的な、書面による発明を実施するための形態から明白となろう。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 0 5 】

【図 1】図 1 は、滑動部上に磁気抵抗性センサ（MR）センサを含むディスクドライブアセンブリの例の平面図を图示したものである。

【図 2】図 2 は、上部シールドと底部シールドの両方の S A F 構造の中に局所的に増強された透磁性を有する MR センサの一例を图示したものである。

【図 3】図 3 は、上部シールドの S A F 構造の中に局所的に増強された透磁性を有する MR センサの一例を图示したものである。

【図 4】図 4 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造を含む、分離された上部シールドを含む MR センサの一例を图示したものである。

【図 5】図 5 は、合成反強磁性（S A F）構造の形成中に実施される蒸着作業を图示したものである。

10

【図 6】図 6 は、S A F 構造の形成中に実施されるマスキングおよびフライス作業を图示したものである。

【図 7】図 7 は、S A F 構造の形成中に実施されるマスク除去および追加的な蒸着作業を图示したものである。

【図 8】図 8 は、S A F 構造の形成中に実施される蒸着作業を图示したものである。

【図 9】図 9 は、S A F 構造の形成中に実施されるマスキングおよび蒸着作業を图示したものである。

【図 10】図 10 は、S A F 構造の形成中に実施されるマスク除去および追加的な蒸着作業を图示したものである。

20

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 6 】

パルススリミング（例えば、磁気抵抗性（MR）センサによって検出される磁気信号の幅を減少させる）は、MR センサの線形の濃度分解能を改善する 1 つの方途である。PW50 縮小とも称されるパルススリミングは、センサシールドの透過性を増加させることによって到達され得る。しかしながら、シールドの透過性を増加させることは、偶発的にシールドの安定性を減少させることがある。包括的に増大された透過性を持つシールドは、トランデュサヘッドの書き込み要素または外部の漂遊磁界に結合する傾向が強く、磁気媒体から読み出された信号の信号対雑音（SNR）比を低下させる。よって、PW50 を改善するためにシールドの透過性を増大させることと、MR センサにおけるシールドの安定性を維持するためにシールドの透過性を低く保つことの両方の相反する目的が存在する。

30

【 0 0 0 7 】

本明細書に開示される実装例は、信号品質における偶発的な減少を緩和する一方で、所望される PW50 減少を達成するためのセンサスタックの近位にある局所的に増強されたシールド透過性を可能とする MR センサシールド設計を提供する。具体的には、本明細書に開示される MR センサの例は、局所的に増強された透磁性の領域を持つ合成反強磁性（S A F）シールドを含む。一実装例によれば、センサスタックの近位にある領域における S A F シールドの異方性を減少させるために、1 対の強磁性層の間に非磁性層が挿入される。減少された異方性のこの領域は、S A F シールドの包括的な透過性を上回る透過性（例えば、局所透過性）を有する。本明細書において用いられる場合、「包括的な透過性」という用語は、MR センサシールドの 1 つ以上のシールド要素の全体的な透過性を指す。

40

【 0 0 0 8 】

本明細書に開示される技術は、種々の異なる種類の MR センサ（例えば、異方性磁気抵抗性（AMR）センサ、トンネリング磁気抵抗性（TMR）センサ、巨大磁気抵抗性（GMR）センサなど）とあわせて用いられ得る。そのため、本明細書に開示される実装例はまた、面内スピンプルプ（LSV）、スピントルク効果（SHE）、スピントルク振動（STO）などの新しい物理現象に基づく新しい MR センサ設計にも適用され得る。

【 0 0 0 9 】

図 1 は、ディスクドライブアセンブリ 100 の例の平面図を图示したものである。ディ

50

スクドライブアセンブリ 100 の例は、アクチュエータアーム 109 の遠位端上に媒体ディスク 108 にわたって位置付けられる滑動部 120 を含む。アクチュエータ回転軸 106 を中心として回転する回転式ボイスコイルモータが、滑動部 120 をデータトラック（例えば、データトラック 140）上に位置決めするために用いられ、またディスク回転軸 111 を中心として回転するスピンドルモータが、媒体ディスク 108 を回転させるために用いられる。特に表示 A を参照して、媒体 108 は、外径 102 および内径 104 を含み、その間には円形の点線で図示されるいくつかのデータトラック（例えば、データトラック 140）がある。フレックスケーブル 130 は、動作の間、アクチュエータアーム 109 の旋回軸で回転する動きを可能にする一方で、滑動部 120 への必須の電氣的接続経路を提供する。

10

【0010】

滑動部 120 は、さまざまな機能を実施するさまざまな層を持つ積層構造である。滑動部 120 は、ヨークまたは台座によってリターン磁極または対向する磁極に磁氣的に結合された主書き込み磁極を有する書き込み部（図示せず）を含む。書き込みパルスを書き込み磁極の中に誘導するために、磁化コイルがヨークまたは台座を取り囲む。

【0011】

滑動部 120 はまた、媒体ディスク 108 からデータを読み取るための 1 つ以上の MR センサも含む。表示 B は、ディスクドライブアセンブリ 100 の使用時に、媒体ディスク 108 の空気ベアリング表面（ABS）に面する MR センサ 116 の側面を図示したものである。よって、表示 B に示される MR センサ 116 は、表示 A に示される滑動部 120 に操作的に取り付けられたとき、約 180 度で（例えば、z 軸を中心として）回転し得る。

20

【0012】

滑動部 120 の MR センサ 116 はセンサスタック 114 を含み、これは、複数の機能を実施する複数の層を含む。種々の実装例では、かかる層の数およびそれらの関連付けられる機能はさまざまであり得る。しかしながら、図 1 のセンサスタック 114 の例は、第 1 の軟質磁性層 130 および第 2 の軟質磁性層 118 を含む。第 1 の軟質磁性層 130（「ピン止め層」とも称される）は、AFM 層 132 によって所与の方向にバイアスされる帯磁方向を有する。これもまた軟質磁性材料からなり得る参照層 138 は、第 1 の軟質磁性層 130 を第 2 の軟質磁性層 118 から磁氣的に分離する。よって、第 2 の軟質磁性層 118 は、外部場に応じて自由に回転し、「自由層」と呼ばれる。かかる回転は、底部シールド 136 と上部シールド 134 との間のセンサスタック 114 の電気抵抗率の変化を招く。センサスタック 114 の電気抵抗率の変化は、媒体ディスク 108 上の磁氣的に偏極した領域と相関し、これは順に磁気媒体上に格納されたデータに対応する。

30

【0013】

上部シールド 134 および底部シールド 136 は、電磁干渉、主に z 方向の干渉からセンサスタック 114 を隔離し、処理する電子機器（図示せず）に接続されたおよび導電性の第 1 および第 2 の導線としての役割をする。一実装例では、底部シールド 136 および上部シールド 134 は、他の、隣接するデータビットの磁場干渉を低減または遮断する一方で、センサスタック 114 が、センサスタック 114 の直下のデータビットの磁場による影響を受けることを容認する。動作中、媒体ディスク 108 上のトラック 140 に沿ったデータビットは、上部シールド 134 の下に、センサスタック 114 の下に、次に底部シールド 136 の下に連続的に通過し得る。したがって、上部シールド 134 の近位にあるセンサスタック 114 のエッジは、センサスタックの「前縁」と称されることができ、および底部シールド 136 の近位にあるセンサスタック 114 のエッジは、センサスタック 114 の「後縁」と称されることができる。

40

【0014】

MR センサ 116 の上部シールド 134 は、反強磁性（AFM）ピニング層 128 および合成反強磁性（SAF）構造 150 を含む。SAF 構造 150 は、上部強磁性層 144、結合スペーサ層 146、非磁性挿入層 148、および下部強磁性層 142 を含む。他の

50

S A F 構造のように、強磁性層 1 4 4 および 1 4 2 は、実質的に逆の向きと実質的に同一の大きさの磁気モーメントを有する。A F M ピニング層 1 2 8 は、上部強磁性層 1 4 4 の帯磁方向を設定方向にピン止めし、および結合スペーサ層 1 4 6 は、上部強磁性層 1 4 4 と下部強磁性層 1 4 2 との間の強い反強磁性結合をもたらす R K K Y (R u d e r m a n - K i t t e l - K a s u y a - Y o s i d a) 反応を提供する。この結合は強い反平行結合であり、包括的に増大された磁気異方性を提供し、これが増大したシールド安定性へと転換される。

【 0 0 1 5 】

上部強磁性層 1 4 4 および下部強磁性層 1 4 2 はそれぞれ、結合スペーサ層 1 4 6 を実質的に上回る z 方向の厚さを有する。一実装例では、上部強磁性層 1 4 4 および下部強磁性層 1 4 2 はそれぞれ、およそ 1 0 - 4 0 ナノメートルの z 方向の厚さを有し、結合スペーサ層 1 4 6 は、約 0 . 3 ~ 1 . 0 n m の z 方向の厚さを有する。上部および下部強磁性層 1 4 4 および 1 4 2 は、例えば、C o F e、N i F e、C o N i F e、または C o F e B などの強磁性合金材料であることができる。結合スペーサ層 1 4 6 は、例えば、R u、C u、C r、または M o を含む、R K K Y 相互作用を提供する能力を持つ非磁性材料であることができる。一実装例では、結合スペーサ層 1 4 6 は、約 1 n m の厚さのルテニウムの層である。

【 0 0 1 6 】

非磁性挿入層 1 4 8 は、上部強磁性層 1 4 4 と下部強磁性層 1 4 2 との間の、センサスタック 1 1 4 の中心と軸方向に整列 (z 方向に沿って) した領域における距離を増大させる。下部強磁性層 1 4 2 と上部強磁性層 1 4 4 との間の増大した分離は、R K K Y 結合を局所的に分断または切断し、また S A F 構造 1 5 0 の異方性を低下させる。かかる局所的に低下された異方性は、センサスタック 1 1 4 の前縁の近位にある領域における透過性の局在的な増大へと転換される。その結果、M R センサ 1 1 6 によって観測された P W 5 0 は、上部シールド 1 3 4 の安定性に著しく影響を与えることなく低下する。上部シールド 1 3 4 の安定性は、少なくとも一実装例において、透過性とは無関係に最適化され得る。

【 0 0 1 7 】

R u、T a、C r、C u、P t、およびかかる材料の非磁性合金 (例えば、N i R u、N i C r、N i P t など) を含むがこれらに制限されない、さまざまなふさわしい材料が非磁性スペーサ層 1 4 8 層に用いられ得る。非磁性スペーサ層 1 4 8 は、センサスタック 1 1 4 のクロストラック長よりも大きいクロストラック長 (x 方向) を有し得る。図 1 において、非磁性スペーサ層 1 4 8 は、センサスタック 1 1 4 のどちらかの側を超える距離だけクロストラック方向 (x 方向) に延在する。実装の一例では、センサスタック 1 1 4 は 5 0 n m 以下のクロストラック長を有し、非磁性スペーサ層 1 4 8 は約 5 0 から 2 0 0 n m の間のクロストラック長を有する。

【 0 0 1 8 】

上述の層に加えて、M R センサ 1 1 6 はまた、センサスタック 1 1 4 の反対側に隣接する側面シールド 1 1 0 および 1 1 2 をも含み、これはセンサスタック 1 1 4 を x 方向 (クロストラック) の干渉から隔離することにより、M R センサ 1 1 6 のクロストラック分解能を改善する。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、センサスタック 2 0 4 のどちらかの側に局所的に増強された透磁性の領域を有する M R センサ 2 0 0 の一例を図示したものである。M R センサ 2 0 0 は、第 1 の S A F 構造 2 2 6 を持つ上部シールド 2 3 0 と、第 2 の S A F 構造 2 2 8 を持つ底部シールド 2 3 2 とを含む。S A F 構造 2 2 6 および 2 2 8 のそれぞれが、1 対の強磁性層 (例えば、第 1 の 1 対の強磁性層 2 0 6 および 2 0 8、ならびに第 2 の 1 対の強磁性層 2 1 6 および 2 1 8) を含む。追加的に、S A F 構造 2 2 6 および 2 2 8 のそれぞれが、結合スペーサ層 (例えば、結合スペーサ層 2 1 2 および 2 2 2)、および非磁性挿入層 (例えば、非磁性挿入層 2 1 0 および 2 3 4) を含む。第 1 および第 2 の S A F 構造 2 2 6 および 2 2 8 の縁端に各々隣り合う A F M ピニング層 2 1 4 および 2 3 6 は、隣接する強磁性層 2 0 8

10

20

30

40

50

および 218 の帯磁方向を好ましい方向（例えば、強磁性層 208 および 218 内に矢印で図示される方向）にバイアスする。結合スペーサ層 212 および 222 はそれぞれ、それぞれの 1 対の強磁性層の間（例えば、1 対の強磁性層 208 および 206、または 1 対の強磁性層 216 および 218）に強い RKKY 反強磁性結合を提供する。この強結合は、非磁性挿入層 210 および 234 によって局所的に切断され、これが非磁性挿入層 210 および 234 を含む領域に増強された透過性を生じさせる。

【0020】

MR センサ 200 のセンサスタック 204 は、複数の機能を実施する複数の層（図示せず）を含む。硬質磁性または軟質磁性材料からなり得る側面シールド 220 および 224 は、センサスタック 204 の反対側上に位置付けられ、センサスタック 204 をクロストラック方向（例えば、x 方向）の電磁場から遮蔽する。側面シールド 220 および 224 のそれぞれの帯磁方向（側面シールド 220 および 224 内の矢印によって示される）は、隣接する強磁性層 206 および 216（強磁性層 206 および 216 内の矢印によって示される）のうち的一方または両方の帯磁方向によってバイアスされる。

10

【0021】

非磁性挿入層 210 および 234 はそれぞれ、センサスタック 238 の後縁と隣接する結合スペーサ層 212 または 222 との間に位置付けられる。しかしながら、他の実装例では、非磁性挿入層 210 または 234 の一方または両方が、隣接する結合スペーサ層 212 または 222 の反対側に位置付けられる。例えば、非磁性挿入層 210 は、結合スペーサ層 212 と強磁性層 208 との間に置かれ得る。

20

【0022】

非磁性挿入層 210 は、結合スペーサ層 212 の厚さと同一または類似である z 方向の厚さを有し得る。一実装例では、非磁性挿入層 210 および 234 の一方または両方の z 方向の厚さは、およそ 1 nm である。MR センサ 200 の他の特徴は、図 1 に関して上述されたものと同一かまたは類似であり得る。

【0023】

SAF 構造 226 および 228 は全く同一であるように示されているが、かかる構造は組成または構造において互いに異なり得る。SAF 構造 226 および 228 の一方または両方は、示されているものに追加して層を含み得る。他の実装例は、示されているもののうちの 1 つ以上の層を省略するか、または 1 つ以上の層を同等に機能する代替的な構造で置換し得る。少なくとも一実装例において、SAF 構造（例えば、SAF 構造 228）は底部シールドに含まれるが上部シールドには含まれない。

30

【0024】

図 3 は、上部シールド 330 の SAF 構造 326 の中に局所的に増強された透磁性を有する MR センサ 300 の一例を図示したものである。SAF 構造 326 は、結合スペーサ層 312 のどちらかの側に 1 対の強磁性層 306 および 308 を含む。結合層 312 は、MR センサ 300 の重心軸 350 の近くでエッジの近くよりも大きい可変厚さ（z 方向の厚さ）を有する。動作中、結合スペーサ層 312 は、MR センサ 300 のエッジの近くの強磁性層 306 と 308 との間に強い RKKY 反強磁性結合を提供する。しかしながら、この RKKY 結合効果は、結合スペーサ層 312 が増大した厚さを有する場合、センサスタック 304 と軸方向に整列した中央領域で低下または排除される。その結果として、上部シールド 330 は、結合スペーサ層 312 の増大された厚さの領域内に局所的に増強された透磁性を有する。

40

【0025】

実装の一例では、結合スペーサ層 312 は、実質的に MR センサ 300 の全体のクロストラック（x 方向）長に及び、これは例えば、約 10 ~ 50 μm である。結合スペーサ層 312 内の増大した厚さの中央領域は、クロストラック方向に約 50 ~ 200 nm に及ぶ。

【0026】

MR センサ 300 の外側エッジ（例えば、クロストラック方向の平面を横切るエッジ）

50

の近位にある結合スペーサ層 3 1 2 の領域は、約 1 nm の z 方向の厚さを有してもよく、一方増大した厚さの中央領域は、約 2 ~ 3 nm の z 方向の厚さを有してもよい。

【 0 0 2 7 】

S A F 構造 3 2 6 に加えて、M R センサ 3 0 0 は、強磁性層 3 0 8 の帯磁方向を好ましい方向（例えば、強磁性層 3 0 8 内に矢印で図示される帯磁方向）にバイアスする A F M ピニング層 3 1 4 を含む。側面シールド 3 2 0 および 3 2 4 は、センサスタック 3 0 4 の反対側上に位置付けられ、センサスタック 3 0 4 をクロストラック方向の電磁場から遮蔽する。M R センサ 3 0 0 の他の特徴は、図 1 ~ 図 2 に関して上述されたものと同一かまたは類似であり得る。

【 0 0 2 8 】

S A F 構造 3 2 6 をセンサスタック 3 0 4 ならびに側面シールド 3 2 0 および 3 2 4 から減結合することは、局所的に増強された透磁性の領域内（例えば、増大された厚さの結合スペーサ層 3 1 2、または図 1 ~ 図 2 に関して示され記載された非磁性挿入層の領域内）のより磁気的な回転を可能にすることにより、分解能利得をさらに促進し得る。これに基づき、図 4 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造 4 2 6 を含む減結合された上部シールド 4 3 0 を含む M R センサ 4 0 0 の一例を図示したものである。

【 0 0 2 9 】

上部シールド 4 3 0 は、反強磁性（A F M）ピニング層 4 1 4 および S A F 構造 4 2 6 を含む。S A F 構造 4 2 6 は、1 対の強磁性層 4 0 6 および 4 0 8、結合スペーサ層 4 1 2、ならびに非磁性挿入層 4 1 0 をさらに含む。結合スペーサ層 4 1 2 は、強磁性層 4 0 6 と 4 0 8 との間で結合する強い R K K Y 反強磁性を提供する。しかしながら、この R K K Y 結合効果は、非磁性挿入層 4 1 0 を含むセンサスタック 4 0 4 と軸方向に整列した中央領域で低下または排除される。R K K Y 結合を局所的に切断することは、センサスタック 4 0 4 の前縁と軸方向に整列した M R センサ 4 0 0 の中央領域における異方性を局所的に低下させる効果を有する。

【 0 0 3 0 】

上部シールド 4 3 0 は、非磁性減結合層 4 1 6 によってセンサスタック 4 0 4 ならびに側面シールド 4 2 0 および 4 2 4 から減結合される。かかる減結合は、側面シールド 4 2 0 および 4 2 4 が、S A F 構造 4 2 6 における隣接する強磁性層 4 0 6（強磁性層 4 0 6 内の矢印によって示される）の帯磁方向と異なる帯磁方向（側面シールド要素 4 2 0 および 4 2 4 内の矢印によって示される）を有することを容認する。一実装例では、側面シールド 4 2 0 および 4 2 4 の帯磁方向は、強磁性層 4 0 6 の帯磁方向の逆か、実質的に逆である。

【 0 0 3 1 】

図 4 の S A F 構造 4 2 6 が側面シールド 4 2 0 および 4 2 4 から減結合されるため、M R センサ 4 0 0 によって観測される P W 5 0 は、S A F 構造 4 2 6 が側面シールド 4 2 0 および 4 2 4 から減結合されていない実装例（例えば、図 1 ~ 図 3）と比較して改善される。一実装例によれば、M R センサ 4 0 0 は、側面シールド 4 1 0 および 4 2 0 に結合された S A F 構造 4 2 6 を用いたその他の点では全く同一の実装例を超える、1 ~ 1.5 nm の P W 5 0 利得を出す。

【 0 0 3 2 】

図 5 ~ 図 7 は、局所的に増強された透磁性の領域を持つ S A F シールドを作成するための作業例を図示したものである。図 5 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造の形成中に実施される蒸着作業 5 0 0 を図示したものである。蒸着作業 5 0 0 において、強磁性材料の層 5 0 6 および非磁性材料の層 5 1 0 が部分的に形成された M R センサ 5 3 0 上に蒸着される。部分的に形成された M R センサ 5 3 0 は、底部シールド 5 3 6、センサスタック 5 0 4、ならびに側面シールド 5 2 0 および 5 2 4 を含む。強磁性材料の層 5 0 6 は、強磁性材料 5 0 6 が側面シールド 5 2 0 および 5 2 4、ならびにセンサスタック 5 0 4 の両方と接触するように、部分的に形成された M R センサ 5 3 0 にわたって実質的に均等に蒸着される。非磁性材料の層 5 1 0 は、強磁性材料の層 5 0 6 にわたって実質的に

10

20

30

40

50

均等に蒸着される。

【 0 0 3 3 】

図 6 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造の形成中に実施されるマスキングおよびフライス作業 6 0 0 を図示したものである。マスキングおよびフライス作業 6 0 0 の間、液体フォトレジストの薄層（図示せず）が、部分的に形成された M R センサ 6 3 0 にわたって実質的に均等に蒸着される。部分的に形成された M R センサ 6 0 0 は、底部シールド 6 3 6、センサスタック 6 0 4、側面シールド 6 2 0 および 6 2 4、強磁性材料の層 6 0 6、ならびに非磁性材料の層 6 1 0 を含む。液体フォトレジストの一部分は強い光に曝露され、曝露された部分または曝露されない部分（フォトレジストの種類に依存する）の溶解度を変更する。フォトレジストの変更されていない部分は、現像溶液によって除去され、部分的に形成された M R センサ 6 3 0 の中央領域にわたって硬化フォトレジストマスク 6 2 2 をあとに残す。マスキングされていない非磁性材料（図示せず）が部分的に形成された M R センサ 6 3 0 のエッジの近くで破砕される一方で、硬化フォトレジストマスク 6 2 2 は、中央領域における下層の非磁性材料 6 1 0 を保護する。

10

【 0 0 3 4 】

図 7 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造の形成中に実施されるマスク除去および追加的な蒸着作業 7 0 0 を図示したものである。マスク除去および層構築作業 7 0 0 の間、底部シールド 7 3 6、センサスタック 7 0 4、側面シールド 7 2 0 および 7 2 4、強磁性材料の層 7 0 6、ならびに非磁性材料の層 7 1 0 の形成後に M R センサ 7 3 0 から硬化フォトレジストマスク（例えば、図 6 の硬化フォトレジストマスク 6 2 2 と同一または類似のマスク）を除去するためにフォトレジスト溶剤が用いられる。硬化フォトレジストマスクが除去された後、結合スペーサ層 7 1 2 が非磁性材料 7 1 0 の上に、および非磁性材料 7 1 0 と接触して蒸着され、別の強磁性層 7 0 8 が結合スペーサ層 7 1 2 の上に、および結合スペーサ層 7 1 2 と接触して蒸着され、A F M 層 7 1 4 が強磁性層 7 0 8 の上に、および強磁性層 7 0 8 と接触して蒸着される。

20

【 0 0 3 5 】

図 8 ~ 図 1 0 は、局所的に増強された透磁性の領域を持つ S A F シールドを作成するための追加的な作業の例を図示したものである。図 8 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造の形成中に実施される蒸着作業 8 0 0 を図示したものである。蒸着作業 8 0 0 中、強磁性材料の層 8 0 6 が部分的に形成された M R センサ 8 3 0 上に蒸着される。部分的に形成された M R センサ 8 2 0 は、形成されたセンサスタック 8 0 4 を持つ底部シールド 8 3 6 ならびにその上に形成された側面シールド 8 2 0 および 8 2 4 を含む。強磁性材料の層 8 0 6 は、強磁性材料 8 0 6 が側面シールド 8 2 0 および 8 2 4、ならびにセンサスタック 8 0 4 と接触するように、部分的に形成された M R センサ 8 3 0 にわたって実質的に均等に蒸着される。

30

【 0 0 3 6 】

図 9 は、S A F 構造の形成中に実施される、局所的に増強された透磁性を持つマスキングおよび蒸着作業 9 0 0 を図示したものである。マスキングおよび蒸着作業 9 0 0 の間、液体フォトレジストの薄層（図示せず）は、M R センサ 9 3 0 にわたって実質的に均等に蒸着され、底部シールド 9 3 6、センサスタック 9 0 4、側面シールド 9 2 0 および 9 2 4、ならびに強磁性材料の層 9 0 6 を含む。液体フォトレジストの一部分は強い光に曝露され、曝露された部分または曝露されない部分（フォトレジストの種類に依存する）の溶解度を変更する。フォトレジストの変更されていない部分は、現像溶液によって除去され、部分的に形成された M R センサ 9 3 0 の外側エッジ領域にわたって硬化フォトレジストマスク 9 2 2 をあとに残す。硬化フォトレジストマスク 9 2 2 は、強磁性材料 9 0 6 を中央領域で曝露したままとする一方で、外側エッジ領域における下層の強磁性材料 9 0 6 を保護する。硬化フォトレジストマスクが所定の位置にある間、非磁性材料の層 9 1 0 は、部分的に形成された M R センサ 9 3 0 にわたって実質的に均等に蒸着される。

40

【 0 0 3 7 】

図 1 0 は、局所的に増強された透磁性を持つ S A F 構造の形成中に実施されるマスク除

50

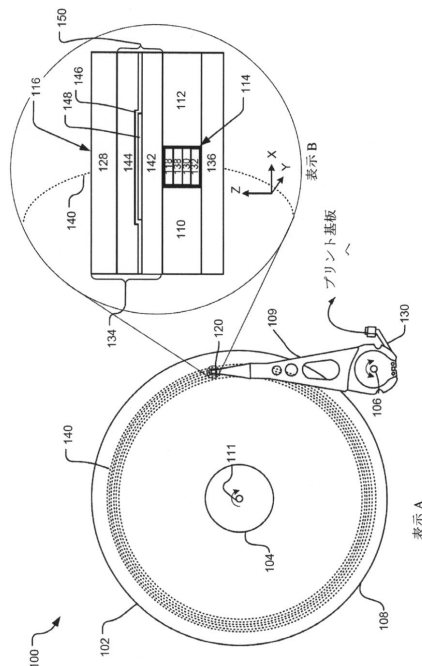
去および追加的な蒸着作業 1000 を図示したものである。マスク除去および層構築作業 1000 の間、底部シールド 1036、センサスタック 1004、側面シールド 1020 および 1024、強磁性材料の層 1006、ならびに非磁性材料の層 1010 の形成後、MR センサ 1030 から硬化フォトリソマスク（例えば、図 9 の硬化フォトリソマスク 922 と同一または類似のマスク）を除去するためにフォトリソ溶剤が用いられる。硬化フォトリソマスクが除去された後、非磁性材料 1010 の上に、かつ非磁性材料 1010 と接するように、結合スペーサ層 1012 が蒸着され、別の強磁性層 1008 が、結合スペーサ層 1012 の上に、かつ結合スペーサ層 1012 と接するように蒸着され、AFM 層 1014 が強磁性層 1008 の上に、かつ強磁性層 1008 と接するように蒸着される。

10

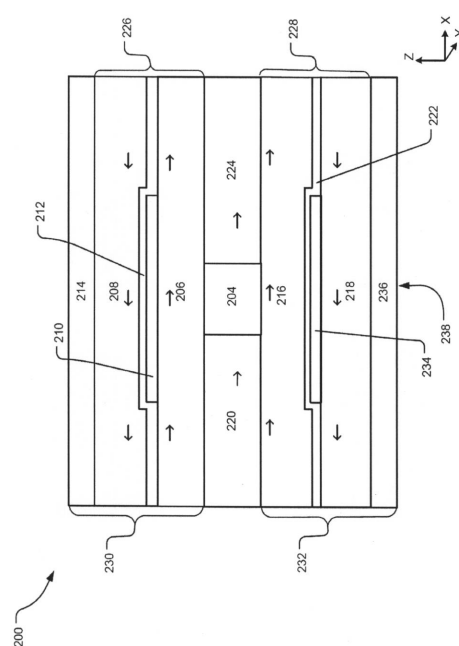
【0038】

本明細書において開示される実装例のそれぞれに関して検討された特定のステップは、選択できるものであり、利用される材料および／または所与のシステムの設計基準に依存し得る。上記の仕様、例、およびデータは、本発明の例示的実装例の構造および使用の完全な説明を提供する。本発明の精神および範囲を逸脱することなく本発明の多くの実装例がなされることができ、本発明は以下に添付される特許請求の範囲の中に属する。

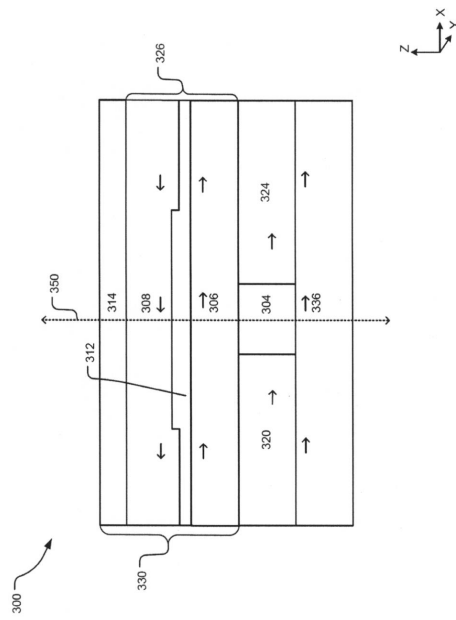
【図 1】



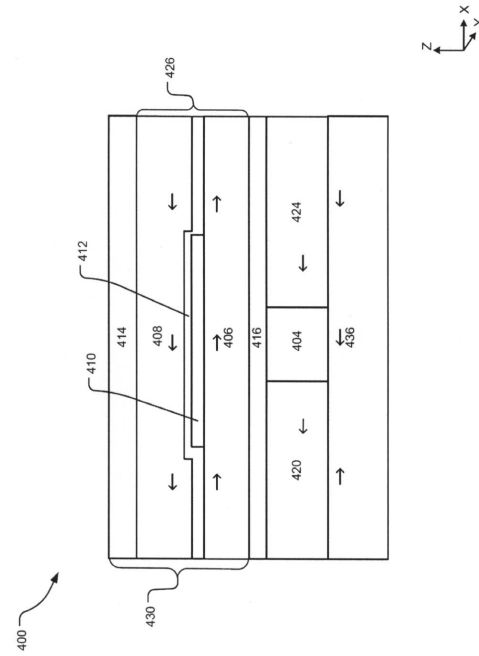
【図 2】



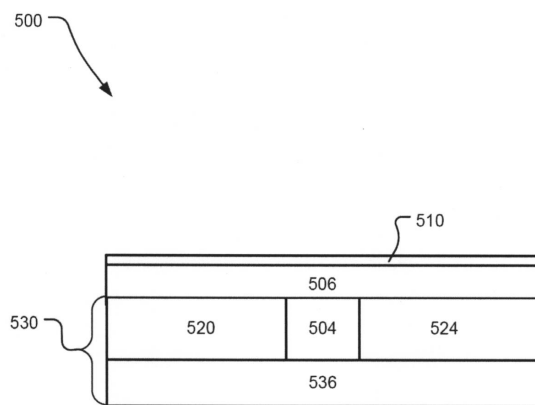
【図 3】



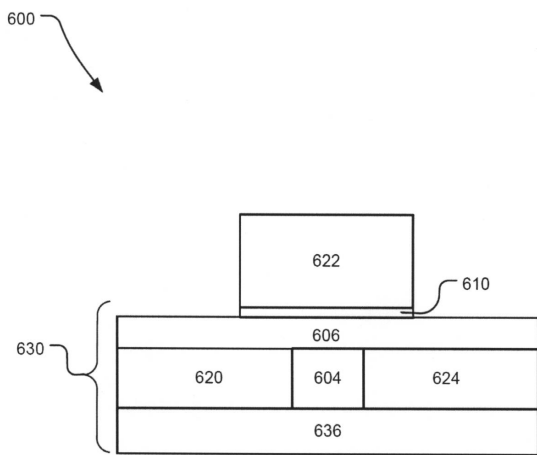
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

700

【図 8】

800

【図 9】

900

【図 10】

1000

フロントページの続き

- (72)発明者 ケビン・マクニール
アイルランド、ピィ・ティ・４ 7 6・ダブリュ・ディ ロンドンデリー、エンアー、ウェストレイク、 2 8
- (72)発明者 アイデン・ゴッギン
アイルランド、カウンティ・ドニゴール、レッドキャッスル、バリーラッタン
- (72)発明者 マルクス・オルムストン
アイルランド、ピィ・ティ・４ 7 6・エル・アール、ロンドンデリー、リマパディー・ロード、 6 5・シィ
- (72)発明者 ピクター・ボリス・サボツニコフ
アメリカ合衆国、 5 5 3 4 5 ミネソタ州、ミネトンカ、マウント・テラス、 1 4 0 0 9

審査官 岩井 健二

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 1 7 5 0 3 8 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 3 3 8 6 4 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 2 3 8 3 3 9 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 4 6 0 2 8 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 2 8 0 7 7 4 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 0 8 7 0 4 6 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 1 2 8 6 4 7 (U S , A 1)
米国特許第 6 4 5 6 4 6 7 (U S , B 1)
米国特許第 6 4 3 7 9 4 9 (U S , B 1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G 1 1 B 5 / 3 3 - 5 / 3 9