

(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2017-37699
(P2017-37699A)

(43) 公開日 平成29年2月16日(2017.2.16)

(51) Int.Cl.

G 11 B 5/39 (2006.01)
G 11 B 5/265 (2006.01)

F 1

G 11 B 5/39
G 11 B 5/265

テーマコード(参考)

5 D 0 3 4
5 D 0 5 4

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2016-105076 (P2016-105076)
 (22) 出願日 平成28年5月26日 (2016.5.26)
 (31) 優先権主張番号 14/826,798
 (32) 優先日 平成27年8月14日 (2015.8.14)
 (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】マルチセンサ読取器、読取器、およびマルチセンサ読取器を形成する方法

(57) 【要約】

【課題】センサ間の間隔を縮小する少なくとも1つの特徴を含むことによって、より高いデータ密度要件およびデータトラックに対するヘッドスキューによって生じる課題に対処するマルチセンサ読取器を提供する。

【解決手段】マルチセンサ読取器(350)は、外部磁界に応じて変化する磁性を有するフリー層(FL)(310)を含むセンサ積層体を有する第1のセンサを含む。第1のセンサは、センサ積層体の上に位置決めされる遮蔽構造(314)も含む。マルチセンサ読取器は第1のセンサ上に積層される第2のセンサも含む。第2のセンサは、外部磁界に応じて変化する磁性を有するFL(310)を含むセンサ積層体を含む。マルチセンサ読取器はさらに、第1のセンサと第2のセンサとの間に分離層(324)を含む。分離層(324)および遮蔽構造のうち少なくとも1つの中にFL-FL間隔縮小特徴が含まれる。

【選択図】図3B

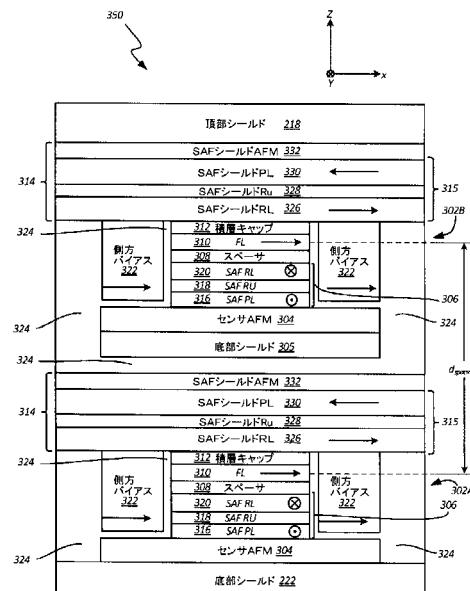


FIG. 3B

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチセンサ読取器であって、

第1のセンサを備え、前記第1のセンサは、

外部磁界に応じて変化する磁性を有するフリー層(FL)を有するセンサ積層体と、

前記センサ積層体の上に位置決めされる遮蔽構造とを備え、前記遮蔽構造は、遮蔽要素と前記遮蔽要素のための安定化機構とを備え、さらにマルチセンサ読取器は、

前記第1のセンサ上に積層される第2のセンサを備え、前記第2のセンサは、前記外部磁界に応じて変化する磁性を有するFLを有するセンサ積層体を備え、さらにマルチセンサ読取器は、

10

前記第1のセンサと前記第2のセンサとの間の分離層と、

前記遮蔽構造と前記分離層とのうち少なくとも1つに含まれるFL-FL間隔縮小特徴とを備え、前記FL-FL間隔縮小特徴は、

誘電率値がアルミナよりも低い材料からなる、前記分離層を形成する相対的に薄い層と、

前記遮蔽要素内に組入れられる前記安定化機構と、

前記遮蔽要素とは隔離された、前記マルチセンサ読取器の担持面から窪んだ少なくとも1つの安定化特徴を備える前記安定化機構と、

磁気モーメント値が前記遮蔽要素の少なくとも一部を形成するNiFe以上である材料からなる少なくとも1つの相対的に薄い層と、のうち少なくとも1つを備える、マルチセンサ読取器。

20

【請求項 2】

前記分離層を形成する前記相対的に薄い層はSiO₂を含む、請求項1に記載のマルチセンサ読取器。

【請求項 3】

前記遮蔽要素内に組入れられる前記安定化機構は、前記遮蔽要素を自己ピン止めするように構成される前記遮蔽要素の形状異方性を備える、請求項1に記載のマルチセンサ読取器。

【請求項 4】

磁気モーメント値が前記遮蔽要素の前記少なくとも一部を形成するNiFe以上である材料からなる前記少なくとも1つの相対的に薄い層は、合成反強磁性(SAF)構造の相対的に薄いピンド層を備え、前記SAF構造はさらに、磁気モーメント値がNiFe以上である材料から形成される参照層を備える、請求項1に記載のマルチセンサ。

30

【請求項 5】

磁気モーメント値が前記遮蔽要素の前記少なくとも一部を形成するNiFe以上である材料からなる前記少なくとも1つの相対的に薄い層は単一のピンド層を備え、前記遮蔽要素は前記単一のピンド層のみから形成される、請求項1に記載のマルチセンサ読取器。

40

【請求項 6】

前記遮蔽要素とは隔離された、前記マルチセンサ読取器の前記担持面から窪んだ前記少なくとも1つの安定化特徴は永久磁石(PM)タブまたは反強磁性(AFM)タブを備える、請求項1に記載のマルチセンサ読取器。

【請求項 7】

読取器であって、

少なくとも1つのセンサを備え、前記少なくとも1つのセンサは、

外部磁界に応じて変化する磁性を有するフリー層を有するセンサ積層体と、

前記センサ積層体の上に位置決めされる遮蔽構造とを備え、前記遮蔽構造は、

磁気モーメント値がNiFe以上である材料からなる少なくとも1つの相対的に薄い層を備える遮蔽要素と、

前記遮蔽要素のための安定化機構とを備える、読取器。

【請求項 8】

50

前記読取器の少なくとも1つの他のセンサから前記少なくとも1つのセンサを隔離する分離層をさらに備え、前記分離層は誘電率値がアルミナより低い材料から形成される、請求項7に記載の読取器。

【請求項9】

前記安定化機構は前記遮蔽要素とは隔離された少なくとも1つの安定化特徴を備え、前記安定化機構は、前記安定化特徴が前記読取器の厚みに実質的に付加的に寄与しない前記読取器内の位置に位置する、請求項7に記載の読取器。

【請求項10】

前記少なくとも1つのセンサはさらに、前記センサ積層体の第1の側の第1の側方バイアス磁石と、前記センサ積層体の第2の側の第2の側方バイアス磁石とを備え、前記第1の側方バイアス磁石および前記第2の側方バイアス磁石の各々は、少なくとも1つの硬磁性層を備え、前記少なくとも1つの硬磁性層の一部は、前記遮蔽要素の側に位置決めされかつ前記遮蔽要素のための前記安定化機構を備える、請求項7に記載の読取器。

10

【請求項11】

前記安定化機構は前記遮蔽要素とは隔離されたかつ前記読取器の担持面から窪んだ少なくとも1つの安定化特徴を備える、請求項7に記載の読取器。

【請求項12】

前記遮蔽要素とは隔離されたかつ前記読取器の前記担持面から窪んだ前記少なくとも1つの安定化特徴は、永久磁石(PM)タブまたは反強磁性(AMF)タブを備える、請求項7に記載の読取器。

20

【請求項13】

磁気モーメント値がNiFe以上である材料からなる前記少なくとも1つの相対的に薄い層は単一のピンド層を備え、前記遮蔽要素は前記単一のピンド層のみを備えるか、または

磁気モーメント値がNiFe以上である材料からなる前記少なくとも1つの相対的に薄い層は、合成反強磁性(SAF)構造の相対的に薄いピンド層を備え、前記SAF構造はさらに、磁気モーメント値がNiFe以上である材料から形成される参照層を備える、請求項7に記載の読取器。

30

【請求項14】

マルチセンサ読取器を形成する方法であって、

外部磁界に応じて変化する磁性を有するフリー層を有するセンサ積層体を形成することと、前記センサ積層体の上に材料の少なくとも1つの相対的に薄い層を備える遮蔽要素を堆積することによって前記センサ積層体の上に遮蔽構造を形成することとによって第1のセンサを形成するステップと、

前記第1のセンサの上に誘電率値がアルミナより低い材料からなる分離層を形成するステップと、

前記分離層の上に第2のセンサを形成するステップとを備える、方法。

【請求項15】

前記遮蔽要素のための前記安定化特徴を堆積することは、前記マルチセンサ読取器の担持面から窪んだ前記マルチセンサ読取器の領域に前記安定化特徴を堆積することを備える、請求項14に記載の方法。

40

【請求項16】

前記安定化特徴を堆積することは、永久磁石(PM)タブまたは反強磁性(AMF)タブを形成することを備える、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

材料の前記少なくとも1つの相対的に薄い層を備える前記遮蔽要素を堆積することは、単一のピンド層のみを形成することを備える、請求項14に記載の方法。

【請求項18】

前記遮蔽要素を堆積することは、

前記センサ積層体の上に材料の前記少なくとも1つの相対的に薄い層を堆積して合成反

50

強磁性(S A F)構造のピンド層を形成することと、

前記ピンド層の上に前記 S A F 構造の参照層を堆積することとを備える、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記センサ積層体の第 1 の側に第 1 の側方バイアス磁石を形成するステップと、

前記センサ積層体の第 2 の側に第 2 の側方バイアス磁石を形成するステップとをさらに備え、

前記第 1 の側方バイアス磁石および前記第 2 の側方バイアス磁石の各々を形成するステップは、少なくとも 1 つの硬磁性層の一部が前記遮蔽要素の側に位置決めされるように少なくとも 1 つの硬磁性層を形成して前記遮蔽要素のための前記安定化特徴を設けるステップを備える、請求項 1 4 に記載の方法。

10

【請求項 2 0】

前記読み取り器の積層体の層に平行でかつ前記マルチセンサ読み取り器の担持面に垂直な平面において還流磁区を設けるように前記遮蔽構造を形作るステップと、

前記還流磁区を設ける複数の磁区のうち選択された 1 つに前記安定化特徴を装着するステップと、

前記担持面に実質的に垂直な軸に沿った磁界の存在下で单一のアニールステップにおいて前記センサ積層体および前記安定化特徴の両方をアニールして、前記单一のアニールステップにおいて前記安定化特徴とセンサ積層体 A F M S A F 層との両方の磁化方向を設定し、これにより前記センサ積層体および前記安定化特徴のための別個の磁化方向設定アニールステップを回避するステップとをさらに備える、請求項 1 4 に記載の方法。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

背景

データ記憶装置は一般的に、データ記憶媒体から情報を読み取る読み取りトランステューサと、データ記憶媒体に情報を書込む書き込みトランステューサとを含む記録ヘッドを有する。

【0 0 0 2】

ディスクドライブなどの磁気データ記憶装置では、磁気媒体から磁気信号を読み取る読み取りトランステューサとして、巨大磁気抵抗(G M R)センサまたはトンネル接合磁気抵抗(T M R)センサなどの磁気抵抗(M R)センサを用いることがある。 M R センサは外部磁界に応答して変化する電気抵抗を有する。隣接する磁気媒体から磁気データを読み取るために、この電気抵抗の変化を処理回路構成によって検出することができる。

30

【0 0 0 3】

高くなり続けるディスクドライブ中の記録密度のレベルおよびより速いデータ転送速度に対する必要性とともに、読み取りトランステューサは対応してより高いデータ再生能力を有する必要がある。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 4】

要約

本開示は、センサ同士の間の間隔を縮小する少なくとも 1 つの特徴を含むことによって、より高いデータ密度要件とデータトラックに対するヘッダスキューとによって提起される課題に対処するマルチセンサ読み取り器に関する。マルチセンサ読み取り器は、外部磁界に応じて変化する磁性を有するフリー層(F L)を含むセンサ積層体を有する第 1 のセンサを含む。第 1 のセンサは、センサ積層体の上に位置決めされる遮蔽構造も含む。マルチセンサ読み取り器は、第 1 のセンサ上に積層される第 2 のセンサも含む。第 2 のセンサは、外部磁界に応じて変化する磁性を有する F L を含むセンサ積層体を含む。マルチセンサ読み取り器はさらに、第 1 のセンサと第 2 のセンサとの間の分離層を含む。分離層および遮蔽構造の少なくとも 1 つの中に、 F L - F L 間隔縮小特徴が含まれる。

40

50

【0005】

開示の実施形態を特徴付ける他の特徴および利点は、以下の詳細な説明を読みかつ関連の図面を検討することから明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】データ記憶媒体と、データ記憶媒体からデータを読取るおよび／またはデータ記憶媒体にデータを書込むためのヘッドとを含むデータ記憶システムの概略図である。

【図2】記憶媒体から読み取りかつ記憶媒体に書込む記録ヘッドの1つの実施形態の断面の概略図である。

【図3A】単一の読み取センサを有する磁気再生装置の担持面(bearing surface)の図である。 10

【図3B】図3Aに示される種類の複数のセンサを有する磁気再生装置の担持面の図である。

【図4】合成反強磁性(SAF)遮蔽要素に高いモーメントの材料を用いる実施形態に従う複数センサ再生装置の担持面の図である。

【図5A】SAF遮蔽要素が自己ピン止めされる(self-pinned)実施形態に従う複数センサ再生装置の担持面の図である。 20

【図5B】図5Aの再生装置のSAF遮蔽要素の上面図である。

【図6A】SAFシールド反強磁性(AFM)層が担持面から窪んでいる実施形態に従う複数センサ再生装置の担持面の図である。

【図6B】図6Aの複数センサ再生装置の断面図である。

【図7A】あるSAFシールド層を排除した実施形態に従う2センサ再生装置の担持面の図である。

【図7B】図7Aに示される種類の読み取器、ならびに図3Aまたは図3Bに示される種類の読み取器を用いて得られた結果のプロットの図である。

【図7C】図7Aに示される種類の読み取器、ならびに図3Aまたは図3Bに示される種類の読み取器を用いて得られた結果のプロットの図である。

【図7D】図7Aに示される種類の読み取器、ならびに図3Aまたは図3Bに示される種類の読み取器を用いて得られた結果のプロットの図である。

【図7E】あるSAFシールド層を排除した実施形態に従う複数センサ再生装置の担持面の図である。 30

【図8A】あるSAFシールド層を排除しつつSAFシールドAFM層が担持面から窪んでいる実施形態に従う複数センサ再生装置の担持面の図である。

【図8B】図8Aの複数センサ再生装置の断面図である。

【図9】あるSAFシールド層を排除しつつ硬磁性層がシールド中の軟磁性層をバイアスするのに用いられる実施形態に従う複数センサ再生装置の担持面の図である。

【図10A】還流磁区を設けるようにSAF遮蔽構造の形状を設計したマルチセンサ読み取器をまとめて示す概略図である。

【図10B】還流磁区を設けるようにSAF遮蔽構造の形状を設計したマルチセンサ読み取器をまとめて示す概略図である。

【図10C】還流磁区を設けるようにSAF遮蔽構造の形状を設計したマルチセンサ読み取器をまとめて示す概略図である。

【図10D】還流磁区を設けるようにSAF遮蔽構造の形状を設計したマルチセンサ読み取器をまとめて示す概略図である。

【図10E】還流磁区を設けるようにSAF遮蔽構造の形状を設計したマルチセンサ読み取器をまとめて示す概略図である。

【図11A】他の実施形態の特徴を組合せる実施形態に従う複数センサ読み取器をまとめて示す概略図である。

【図11B】他の実施形態の特徴を組合せる実施形態に従う複数センサ読み取器をまとめて示す概略図である。 50

【図11C】他の実施形態の特徴を組合せる実施形態に従う複数センサ読取器をまとめて示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

例示的な実施形態の詳細な説明

以下に記載する磁気再生装置実施形態は、センサ同士の間の間隔を縮小する少なくとも1つの特徴を含むマルチセンサ読取器に関する。しかしながら、異なる実施形態に関する付加的な詳細を与える前に、例示的な動作環境の説明を以下に提供する。

【0008】

図1は、本明細書中に開示されるある具体的な実施形態を組入れ得る例示的な動作環境を示す。図1に示される動作環境は例示の目的のためのみのものである。本開示の実施形態は図1に示される動作環境などの一切の特定の動作環境に限定されない。本開示の実施形態は任意の数の異なる種類の動作環境内で例示的に実践される。同じ参照番号が同じまたは類似の要素について異なる図中で用いられることに留意すべきである。

【0009】

図1は、データ記憶媒体と、データ記憶媒体からデータを読取るおよび/またはデータ記憶媒体にデータを書込むためのヘッドとを含むデータ記憶装置100の概略図である。データ記憶装置100では、ヘッド102が記憶媒体104の上に位置決めされてデータ記憶媒体104からデータを読取るおよび/またはデータ記憶媒体104にデータを書込む。示される実施形態では、データ記憶媒体104は、1つの磁気記憶層または複数の磁気記憶層を含む回転可能なディスクまたは他の磁気記憶媒体である。読取および書き込み動作のため、(概略的に図示される)スピンドルモータ106は、矢印107で示されるように媒体104を回転させ、アクチュエータ機構110は、内径108と外径109との間の、回転する媒体104上のデータトラック114に対してヘッド102を位置決めする。スピンドルモータ106およびアクチュエータ機構110の両方ともが(概略的に示される)駆動回路構成112に接続されかつこれによって動作される。ヘッド102は、たとえばスエージ加工接続を通して機構110のアクチュエータアーム122に接続されるロードビーム120を含む懸架アセンブリを通してアクチュエータ機構110に結合される。図1は単一のロードビームがアクチュエータ機構110に結合されているのを示すが、付加的なロードビーム120およびヘッド102をアクチュエータ機構110に結合してディスク積層体の複数のディスクからデータを読取ったりそこにデータを書き込んだりすることができる。アクチュエータ機構110は、軸受124を通してフレームまたはデッキ(図示せず)に回転するように結合されて軸126の周りを回転する。アクチュエータ機構110の回転は、矢印130で示されるように、トラック横断方向にヘッド102を移動させる。

【0010】

ヘッド102は、屈曲回路134を通してヘッド回路構成132に結合される(図1には示さない)1つ以上のトランステューサ要素を含む。102などのヘッドの要素に関する詳細は、図2に関連して以下に与えられる。

【0011】

図2は、記録ヘッド200の担持面(たとえば、空気担持面(ABS))202の平面に対して実質的に法線方向の平面に沿った、記録ヘッド200およびデータ記憶媒体250の一部の断面図を示す概略図である。図2に示される記録ヘッド要素は例示的には、図1の記録ヘッド102などの記録ヘッド中に含まれる。媒体250は例示的には図1の媒体104などのデータ記憶媒体である。当業者は、記録ヘッドおよび記録媒体が一般的に他の構成要素を含むことを認識するであろう。本開示の実施形態は一切の特定の記録ヘッドまたは媒体に限定されない。本開示の実施形態を異なる種類の記録ヘッドおよび媒体において実践してもよい。

【0012】

記録ヘッド200は、書き極205、磁化コイル210、帰還極215、頂部シールド

10

20

30

40

50

218、読み取トランステューサ220、底部シールド222、およびウェハ保護膜224を含む。記憶媒体250は、記録層255および下地層260を含む。記憶媒体250は矢印265で示される方向に回転する。矢印265は例示的に図1の矢印107などの回転の方向である。

【0013】

ある実施形態では、電流がコイル210を通過して磁界を生成する。磁界は、書き極205から記録層255を通って下地層260の中に入り、次に横断して帰還極215へと通っていく。磁界は例示的には、記録層255中の磁化パターン270を記録する。読み取トランステューサ220は、記録層255中の磁化パターンを検知または検出し、先に層255に記録された情報を取出すのに用いられる。

10

【0014】

より高いデータ密度要件およびより速いデータ転送速度によって提起される課題に対処するため、読み取トランステューサ220は複数のセンサ226および228を含む。簡略のため、図2に示されるのはセンサ226および228の2つのみであることに留意すべきである。しかしながら、異なるマルチセンサ読み取器実施形態では、任意の好適な数のセンサが用いられることがある。異なるマルチセンサ読み取器実施形態では、磁気センサは、トラック方向（すなわち、図2のz方向）またはトラック方向に垂直なトラック幅方向（すなわち、図2のx方向であるトラック横断方向）に沿って積層されてもよい。そして図2のy方向は、ストライプ高さ方向である、同時にxおよびzに垂直な方向として定義される。図2に示される実施形態では、センサ226および228はトラック方向に沿って積層される。そのような実施形態では、高いデータ記憶密度を達成するために、またデータトラックに対するヘッドスキューにより、隣接するセンサ226および228の主な検知構成要素同士の間の間隔を小さくすることが望ましい。ヘッドスキューは回転アクチュエータの当然の結果であるが、これは、完全に径方向にトラックを横切るようにヘッドを移動させず、大抵はディスクの内径および外径の近くで顕著である（図1を参照）。図2の実施形態では、読み取トランステューサ220は少なくとも1つの厚み／間隔縮小特徴230を含む。個々のセンサの実施形態の異なる層を図3Aに示し、図3Bは、図3Aに示される種類のセンサを2つ含むマルチセンサ読み取器を示す。マルチセンサ読み取器中のセンサ間の間隔縮小に関する詳細は、図4-図11に関連して以下にさらに与えられる。

20

【0015】

図3Aは、単一の磁気抵抗センサ302を含む例示的な読み取ヘッド300を示す概略ブロック図である。磁気抵抗センサ302は、頂部シールド218と底部シールド222との間に位置決めされる。高い透磁性を有する材料から作られ得る頂部および底部シールド218および222は、たとえばデータディスク上の隣接するビットからの磁界などの外部磁界が磁気抵抗センサ302に影響を与えるのを低減するかまたは実質的にブロックして、こうして磁気抵抗センサ302の性能を向上させる。1つの実現例では、頂部および底部シールド218および222は、磁気抵抗センサ302の直下のビットからの磁界が磁気抵抗センサ302に影響を及ぼして読み取られるようにする。

30

【0016】

磁気抵抗センサ302は、センサ反強磁性（AFM）層304、センサ積層合成反強磁性（SAF）構造306、スペーサ層308、フリー層または検知層310、積層キャップ312、およびSAF遮蔽構造314を含む複数の層を含む。

40

【0017】

図3Aに示される実施形態では、センサSAF構造306は、ピンド層316、ある実施形態ではルテニウム（Ru）などの金属を備え得る薄い隔離層318、および参照層320を含む。ピンド層316および参照層320の各々の磁気モーメントは、対象の範囲中の磁界（たとえば、データディスク上に記憶されるデータのビットによって生成される磁界）の下で回転することを許容されない。参照層320およびピンド層316の磁気モーメントは一般的に、図3Aの平面（すなわちy方向）に対して法線方向にかつ互いに逆平行に向けられる。

50

【0018】

1つの実現例では、フリー層310はたとえば反強磁性体に交換結合されない。その結果、フリー層310の磁気モーメントは、対象の範囲中の印加される磁界の影響下で自由に回転する。読み取りヘッド300はさらに、側方バイアス磁石または側方シールド322を含み、これらは紙面に平行でありかつほぼ水平に向けられる磁気モーメントでフリー層310をバイアスする磁界を発生する。このバイアスは、読み取りヘッド300によって検知されるデータの中にノイズを導入することがあるたとえば熱エネルギーによってフリー層310の磁気モーメントがドリフトするのを防止する。バイアスは十分に小さいが、フリー層310の磁気モーメントは、データディスク上に記憶されるデータビットの磁界などの印加磁界に応答して変化する可能性がある。ある実施形態では、側方バイアス磁石または側方シールド322は、軟磁性材料（すなわち、相対的に低い磁界で容易に磁化されかつ消磁されることができる材料）から形成される。軟磁性材料は、NiおよびFeを備える合金であり得る。磁気抵抗センサ302は、たとえば絶縁材料を含む分離層324によって側方バイアス磁石322から隔離されかつ電気的に分離される。図3Aに示されるように、分離層324はヘッド300の他の領域にも存在してもよい。

10

【0019】

図3Aに示される実施形態では、SAF遮蔽構造は、SAFシールド参照層326、ある実施形態ではRuなどの金属を備え得る薄いSAFシールド隔離層328、SAFシールドピンド層330、およびSAFシールドAFM層332を含む。センサ300は軟磁性側方シールド322を利用するので、側方シールド322の磁化を安定化させるのを助けるには、SAFシールド参照層326は、相対的に固定された磁性を有する必要がある。このように、AFM層332は担持面に実質的に平行な層SAFシールドピンド層330の磁化をピン止めする必要があり、この結果、SAFシールド隔離層328を横切る反強磁性結合によるSAFシールド参照層326の相対的に固定された磁化、およびしたがって担持面に実質的に平行な側方シールド322の磁化の安定も生じさせる。SAFシールド参照層326およびSAFシールドピンド層330は軟磁性材料（たとえば、NiおよびFeを備える合金）から形成されてもよい。ある実施形態では、SAFシールドAFM332と頂部シールド218との間、およびセンサAFM304と底部シールド222との間に非磁性金属インサート（図示せず）が存在してもよいことに留意すべきである。

20

【0020】

ある実施形態では、センサ302は、トンネル磁気抵抗（TMR）または巨大磁気抵抗（GMR）効果を利用してよい。TMR効果を利用する実施形態では、スペーサ層308は、SAF構造306をフリー層310から隔離するトンネルバリア層である。トンネルバリア層308は十分に薄いので、SAF構造306中の参照層320とフリー層310との間に量子力学的電子トンネリングが起こる。電子トンネリングは電子スピンに依存し、磁気抵抗センサ302の磁気応答をSAF構造306およびフリー層310の相対的な向きおよびスピン偏極の関数にする。電子トンネリングの最も高い可能性は、SAF構造306とフリー層310との磁気モーメントが平行であるときに起こり、電子トンネリングの最も低い可能性は、SAF構造306とフリー層310との磁気モーメントが逆平行であるときに起こる。したがって、磁気抵抗センサ302の電気抵抗は、印加される磁界に応答して変化する。ディスクドライブ中のデータディスク上のデータビットは、図3Aの紙面に対して法線方向に、紙面の中または紙面から外のいずれかへ磁化され得る。このように、磁気抵抗センサ302がデータビットの上を通過すると、フリー層310の磁気モーメントは図3Aの紙面の中へまたは図3Aの紙面から外へ回転されて、磁気抵抗センサ302の電気抵抗を変化させる。したがって、磁気抵抗センサ302によって検知されるビットの値（たとえば、1または0）は、第1の電極（図示せず）から磁気抵抗センサ302に接続される第2の電極（図示せず）に流れる電流に基づいて決まり得る。

30

【0021】

図3Bは、トラック方向（すなわち図3Bのz方向）に沿って積層される複数の磁気抵抗センサ（たとえば、302Aおよび302B）を含む例示的な読み取りヘッド350を示す

40

50

概略ブロック図である。センサ302Aおよび302Bの各々は図3Aのセンサ302と実質的に同様であり、したがって、個々のセンサ302Aおよび302Bの説明は図3Bに関連しては与えられない。データ記憶媒体の回転の方向およびヘッドの設計に依存して、頂部シールド218および底部シールド222の一方は、350などの読み取りヘッド全体の先頭のシールドであり、頂部シールド218および底部シールド222の他方は、350などの読み取りヘッド全体の後尾のシールドであることに留意すべきである。センサ302B自身の底部シールドは参照番号305で示される。ある実施形態では、センサ350中のセンサ302Aおよび302Bは、図3Bのセンサ302Aと302Bとの間の領域に存在する分離層324によって互いから分離されることがある。他の実施形態では、個々のセンサ同士の間に分離層を用いないことがある。

10

【0022】

以上で示したように、マルチセンサ構成では、臨界パラメータは(図3B中の)FL-FL間隔である $d_{spacing}$ であり、センサと遮蔽構造とセンサ同士の間の絶縁体との加算した厚みによって設定される。さらに、以上で注記したように、 $d_{spacing}$ を小さくすることにより、より高い線密度のドライブにおいてマルチセンサ読み取り器を実現できるようになり、かつマルチセンサ読み取り器がスキュー下で好適に働くようになる。マルチセンサ読み取り器中のFL-FL間隔を小さくするためのいくつかの技術を図4-図11に関連して以下に説明する。異なる技術は、遮蔽構造314および/または分離層324に対する変更例に係る。変形例は、遮蔽構造314および/または分離層324の1つ以上の層を、遮蔽構造314および/または分離層324の1つ以上の層の厚みの低減を可能にするように選択される材料で形成することを含み得る。変形例は、遮蔽構造314に対する構造的設計変更(すなわち、遮蔽要素315および/または遮蔽要素315を安定化させる332などの要素に対する変更)も含み得る。

20

【0023】

図4は、 $d_{spacing}$ を小さくするためにSAF遮蔽要素402に高モーメント材料を用いる、(参照番号400で示される)複数センサ読み取り器の担持面の図である。他の点では、複数センサ読み取り器400は図3Bのマルチセンサ読み取り器350と実質的に同様であり、同様の要素の説明を繰り返さない。

【0024】

読み取り器400において、遮蔽要素402は、図3Bに示されるSAF遮蔽要素315と実質的に同様の構造を有する。しかしながら、(図3Bのマルチセンサ読み取り器350の場合のように)SAFシールド参照層326およびSAFシールドピンド層330の磁気材料として相対的に低モーメントの材料(たとえば、NiFe)を用いる代わりに、SAF遮蔽要素402の磁性層(SAFシールド参照層404およびSAFシールドピンド層406)は、図3Bの層326および330に用いられるものよりもモーメントが高い材料から形成される。ある厚み範囲(たとえば、5ナノメートル(nm)から50nm)では、402などのSAF要素の遮蔽効果は、402などのSAF遮蔽要素の厚みとSAF遮蔽要素402中の磁性層のモーメントとの両方の関数である。したがって、SAFシールド参照層404およびSAFシールドピンド層406のために相対的にモーメントが高い磁性層を用いることによって、(図3の)相対的に厚い遮蔽要素315の遮蔽効果と比較して、SAF要素402の遮蔽効果の対応の低下がないこれらの層の厚みの低減が可能になる。ある実施形態では、SAF遮蔽要素402の磁性層(SAFシールド参照層404およびSAFシールドピンド層406)の相対的に高い磁気モーメントの値はNiFeの磁気モーメントの値よりも大きい。他の実施形態では、SAF遮蔽要素402の磁性層(SAFシールド参照層404およびSAFシールドピンド層406)の相対的に高い磁気モーメントの値は約1.5テスラよりも大きい。そのような実施形態で、磁性層404および406に利用することができる相対的に高いモーメントの材料の例は、CoFeおよびCoNiFeである。当然ながら、 $d_{spacing}$ の低減を得るために他の高モーメントの磁気材料も好適であり得る。

30

40

【0025】

50

図 5 A は、図 3 A および図 3 B の 3 3 2 などの S A F シールド A F M 層を排除して $d_{spacing}$ を小さくした（参照番号 5 0 0 で示される）複数センサ読取器の担持面の図である。S A F シールド A F M 層を排除できるようにするためには、異なる技術を用いて、S A F シールド A F M 層によって与えられるピン止めまたは安定化機能性を達成する / 提供する必要がある。1つの実施形態では、S A F 遮蔽構造 5 0 2 は、形状（たとえば、S A F 5 0 2 の異なる幅および高さ寸法）によって誘導される一軸異方性によって安定化される。図 5 B は、1つの実施形態に従う S A F 遮蔽構造 5 0 2 の上面図を示す。図 5 B の実施形態では、一軸異方性は、y 方向に沿った S A F 遮蔽構造 5 0 2 の（参照番号 5 0 6 で示される）高さ h よりも実質的に大きい、x 方向に沿った S A F 遮蔽構造 5 0 2 の（参照番号 5 0 4 で示される）幅 w を用いることによって S A F 遮蔽構造 5 0 2 に与えられる。特定の実施形態では、S A F 遮蔽構造 5 0 2 の幅 w は、S A F 遮蔽構造 5 0 2 の高さ h の少なくとも 2 倍である。形状異方性以外の技術を利用して 5 0 2 などの S A F 遮蔽構造における安定化（すなわち自己ピン止め）を与えてよいことに留意すべきである。当該技術は、好適な整列マグネットによる膜の成長および / または制御された入射角での膜の堆積、好適な熱アニールプロセスなどを含む。

10

【 0 0 2 6 】

図 6 A は、 $d_{spacing}$ を小さくするために、図 3 A および図 3 B の 3 3 2 などの S A F シールド A F M 層が担持面から窪んだ（参照番号 6 0 0 で示される）複数センサ読取器の担持面の図である。図 6 B は、（図 6 A に示される線 A - A' に沿った）センサ積層体の層および担持面に直交する平面を通る、図 6 A のマルチセンサ読取器 6 0 0 の断面図である。図 6 B で、窪んだ S A F シールド A F M 層は参照番号 6 0 2 で示される。窪んだ S A F シールド A F M 層 6 0 2 は $d_{spacing}$ に加わるように寄与しないので、センサ 6 0 0 で得られる $d_{spacing}$ の低減は（図 5 A の）センサ 5 0 0 において得られる $d_{spacing}$ の低減と実質的に同様である。センサ 6 0 0 において、S A F シールド A F M 層 6 0 2 による一方向異方性は、S A F の極性（すなわち、外部ゼロ磁界における S A F シールド参照層 3 2 6 および S A F シールドピンド層 3 3 0 の磁性の向き）が好適に維持されるのを確実にするのを助ける。窪んだ S A F シールド A F M 層 6 0 2 は、任意の好適な堆積技術を用いて形成されてもよい。異なる実施形態では、S A F シールド A F M 層 6 0 2 は、S A F シールド A F M 層 6 0 2 が S A F シールド要素 3 1 5 に対する磁気的結合を提供することができる限り、図 6 B に示される以外の場所にあってもよいことに留意すべきである。A F M に隣接する S A F 磁性層をピンド層（P L）と称し、かつ A F M に接していない S A F 磁性層を参照層（R L）と称することを一般的に取り決めている。図 6 B で、S A F シールド A F M 層 6 0 2 は層 3 2 6 の下にありかつ層 3 2 6 に接しているので、層 3 2 6 は P L であり、層 3 3 0 は R L である。S A F シールド A F M 層 6 0 2 は、センサのうち 1 つ（たとえば、センサ 3 0 2 A）のみの中で窪んでいてもよく、他のセンサの S A F シールド A F M 層は、図 3 B の読取器 3 5 0 中のセンサ 3 0 2 B の S A F シールド A F M 層 3 3 2 と同じ場所に位置決めされていてもよいことも留意すべきである。

20

【 0 0 2 7 】

図 7 A は、図 3 A および図 3 B の S A F シールド参照層 3 2 6 および S A F シールドスペーサ層 3 2 8 を排除して $d_{spacing}$ を小さくする複数センサ読取器 7 0 0 の担持面の図である。換言すると、（参照番号 7 0 2 で示される）強磁性材料からなる単一の層のみが S A F シールド A F M 層 3 3 2 によってピン止めされる。層 3 2 6 および 3 2 8 を排除することにより、各々の遮蔽構造 3 1 4 の z 方向の厚みが小さくなり得、この結果、センサ全体の $d_{spacing}$ が小さくなり、かつ z 方向の厚みが小さくなる。ある実施形態では、ピンド層 7 0 2 は N i F e から形成される。他の実施形態では、ピンド層 7 0 2 は、N i F e よりもモーメント値が高い材料から形成されてもよい。相対的に高いモーメントの材料を用いてピンド層 7 0 2 を形成する場合、ピンド層 7 0 2 の厚みは、遮蔽効果の対応する低減なく、N i F e ピンド層に対して低減され得る。

30

【 0 0 2 8 】

先に示したように、データ記憶媒体あたりのより大きな容量を達成するには、高い線密

40

50

度を達成することが必須である。パルス幅またはそのピーク振幅の 50 %での読み取りパルスの幅である PW50 は潜在的な最大線密度の尺度となる。より広い遷移はより大きな PW50 をもたらす。このように、より高い線密度にはより低い PW50 が有利である。複数センサ読み取り器 700 では、層 326、328、および 330 を含む SAF 構造の代わりにピンド層 702 のみを利用する結果、図 7B に示されるように PW50 が向上し得る。図 7B は、SAF 遮蔽構造を有する読み取り器（たとえば、（図 3A の）読み取り器 300 および（図 3B の）350）とピンド層（PL）のみ実施形態との PW50 値の比較を示すグラフである。図 7B で、縦軸 704 は PW50 を nm で表わし、横軸 706 は厚み（すなわち、ピンド層の厚みおよび SAF 構造の厚み）を nm で表わす。プロット 708 および 710（実線）は複数センサ読み取り器 700 などの PL のみ実施形態のプロットである。プロット 708 は、PL702 が約 1 テスラ（T）のモーメント値を有する読み取り器についてのものであり、プロット 710 は、PL702 が約 1.8 T のモーメント値を有する読み取り器についてのものである。プロット 712 および 714（破線）は、SAF 遮蔽構造を有する読み取り器（たとえば、（図 3A の）読み取り器 300 および（図 3B の）350）についてのプロットである。プロット 712 は、SAF が約 1 テスラ（T）のモーメント値を有する読み取り器についてのものであり、プロット 714 は、SAF が約 1.8 T のモーメント値を有する読み取り器についてのものである。

10

【0029】

図 7B に見られるように、特定の合計厚みの SAF シールド要素 315 を含む（図 3A の）300 または（図 3B の）350 などの読み取り器の実施形態と比較して、SAF シールド要素 315 の合計厚みと同じ厚みの PL のみ構造 702 を有する 700 などの読み取り器は、発生する PW50 が約 3 nm だけより小さい。このように、マルチセンサ読み取り器では、層 326、328、および 330 を含む SAF の代わりに PL のみ構造 702 を用いることにより、厚みの低減、およびしたがって、 $d_{spacing}$ の対応の低減を PW50 の劣化なしに得ることができる。たとえば、10 nm の PL のみ構造 702 が生じる PW50 は、326 などの 16 nm 厚の SAF シールド参照層と 330 などの 16 nm 厚の SAF シールドピン止め層とを有する SAF シールド要素が生じる PW50 と同じである。この例では、SAF シールドを PL のみ構造 702 と置き換える結果、PW50 を劣化させずに $d_{spacing}$ の 22 nm の縮小が得られる。相対的に高いモーメントの材料を利用して構造 702 を形成する結果、PW50 を劣化させずに $d_{spacing}$ の付加的な縮小（たとえば、約 5 nm の縮小）を得られる。

20

【0030】

図 7C は、SAF 遮蔽要素 315 を含む（図 3A の）300 または（図 3B の）350 などの読み取り器中のトラック横断磁界伝達曲線 714 および 716 を示す。図 7D は、702 などの PL のみ構造を含む 700 などの読み取り器の実施形態中のトラック横断磁界伝達曲線 722 および 724 を示す。図 7C で、縦軸 718 は、326 などの SAF シールド参照層の正規化された磁性（Mx）を表わし、横軸 720 は、印加される磁界（Hx）をエルステッド（Oe）で表わす。図 7D で、縦軸および横軸は図 7C の軸と同様であるが、図 7D の縦軸は、702 などの PL のみ構造の正規化された磁性を表わす。図 7C で、プロット 714 は、Hx が負の値から正の値に増大するにつれて SAF シールド参照層について得られる Mx の値を示す。プロット 716 は、Hx が正の値から負の値に逆転することから得られる Mx の値を示す。プロット 722 および 724 はそれぞれプロット 714 および 716 と同様であるが、702 などの PL のみ構造についての Hx の値の変動に応答した Mx の値の変動を示す。図 7C と図 7D とを比較すると、図 7C 中のゼロ Mx 点 726 と 728 との間の距離が図 7D の対応のゼロ Mx 点 730 と 732 との間の距離よりも実質的に小さいことが示される。このように、ゼロ Mx 点同士の間の距離の半分である保磁力の幅（または保磁力磁界（H_coercivity））は、図 7C よりも図 7D でより大きい。さらに、Hx がほぼゼロでは、点 726 と 728 との間の（参照番号 734 で示される）平均点は、点 730 と 732 との間の（参照番号 736 で示される）平均点と比較して、左にずれている。このように、平均点での Hx の絶対値（すなわち、ピン止め磁界（

30

40

50

H_pinning)) は、 315などのS AFシールド要素よりも、 702などのPLのみ構造についてより低い。PLのみのシールド設計はS AF遮蔽要素と比較してH_pinningがより低いが、 H_coercivityがより高く、かつ双方の設計はゼロ磁界で2つの状態を有するので、 PLのみの設計は、 トラック横断磁界が -7000e を下回らない限り、 S AFシールド設計と同様の安定性を有する。

【0031】

図7Aに示される2センサ読取器700または図7Eに示されるような2つよりも多くのセンサ(302A、302B、および302C)を有する読取器750にPLのみの読取器設計を用いることができる。そのような読取器は、読取器の安定性を保持しながら、 PW50、MT10(信号の強度がその最大の10%に低下するデータ記憶媒体上の2つの位置同士の間の距離)/MT50(信号強度がその最大から50%低下するデータ記憶媒体上の2つの位置同士の間の距離)、およびダウントラックd_spacingの向上を与えることができる。ヘッドの設計の必要性に依存して、 PW50とd_spacingとは互いに対し背反となる可能性がある。
10

【0032】

図8Aは、図3Aおよび図3Bの326などのS AFシールド参照層および328などのS AFシールドスペーサ層を排除して、図7A-図7Eに関連して上述した様でd_spacingの縮小が得られる、(参考番号800で示される)複数センサ読取器の担持面の図である。加えて、d_spacingのさらなる縮小を得るために、図7Aの332などのS AFシールドAFM層が担持面から窪んでいる。図8Bは、(図8Aに示される線B-Bに沿った)担持面およびセンサ積層体の層に直交する平面を通る、図8Aのマルチセンサ読取器800の断面図である。図8Bで、窪んだS AFシールドAFM層は参考番号802で示される。センサ800において、S AFシールドAFM802による一方向異方性は、PL702の極性(すなわち、外部ゼロ磁界でのPL702の磁化方向)が好適に維持されるのを確実にするのを助ける。窪んだS AFシールドAFM層802は、任意の好適な堆積技術を用いて形成されてもよい。異なる実施形態では、S AFシールドAFM層802は、S AFシールドAFM層802がPL702への磁気的結合を提供することができる限り、図8Bに示されるもの以外の場所にあってもよいことに留意すべきである。S AFシールドAFM層802は、センサのうち1つ(たとえば、センサ302A)のみの中で窪んでいてよく、他のセンサのS AFシールドAFM層は、図7Aの読取器700中のセンサ302BのS AFシールドAFM層332と同じ場所に位置決めされてもよいことにも留意すべきである。
20
30

【0033】

図9は、図3Aおよび図3Bの326などのS AFシールド参照層および328などのS AFシールドスペーサ層を排除して、たとえば図7Aに関連して上述した様でd_spacingの縮小が得られる、複数センサ読取器900の担持面の図である。加えて、図7Aで用いるAFMシールド層332の代わりに、バイアス硬磁石902が強磁性層904に当接して、強磁性層904の両側から強磁性層904のための必要な安定化を与える。さらに、図9に示される実施形態では、バイアス硬磁石902と軟磁性層906とが側方シールド908の各々で横並びの構成にある。図9のセンサ302Aおよび302Bの各々において、軟磁性層906は、バイアス硬磁石902に静磁的に結合されるかまたは交換結合され、読取られているビットに隣接するビットからの磁束を逸らすように働く。
40

【0034】

図10A-図10Eは、図3Bのマルチセンサ読取器350のd_spacingに対してd_spacingが縮小された、(図10Dおよび図10Eで参考番号1000で示される)マルチセンサ読取器の実施形態をまとめて示す概略図である。図10A-図10Eの実施形態では、x-y平面(すなわち、マルチセンサ読取器の担持面に対して垂直でありかつ読取器の積層体の層に平行な平面)でのS AF遮蔽構造314の形状は、還流磁区を設けるように設計されている。図10A、図10B、および図10Cは、4つの主な磁区(A、B、C、およびD)が形成された例示的な設計の上面図を示す。図10A、図10B、および図
50

10 C に示される頂部は、参照番号 1002 で示される軟磁性層を含む。永久磁石 (PM) または AFM タブ 1004 を磁区の 1 つに結合して、磁区構造のキラル性を制御する。磁区 C は担持面にある。PM タブまたは AFM タブ 1004 は、磁区 A、B、または D に付けられて、 $d_{spacing}$ を増大させることなくキラル性を確実にし得る。PM タブまたは AFM タブ 1004 は軟磁性層 1002 の下に位置決めされて担持面から窪んでいてもよいことに留意すべきである。したがって、PM または AFM タブ 1004 は、図 10 D のセンサ 1000 の担持面の図には見えない。しかしながら、PM または AFM タブ 1004 は、(図 10 D に示される線 C-C に沿った) 担持面およびセンサ積層体の層に直交する平面を通る、図 10 D のマルチセンサ読取器 1000 の断面図である図 10 E に示される。PM / AFM タブ 1004 を B または D に付けることの追加の利点は、このタブの向きを(図 10 E の参照番号 1003 で示される)(y 方向磁界を有する磁気積層アニールによって設定可能であり、付加的なアニールが必要ないことである。換言すると、PM / AFM タブ 1004 が磁区 B または D に付けられる読取器 1000 の製造の際、センサ積層体 302A、302B および安定化特徴(たとえば、PM / AFM タブ 1004)の両方のアニールを、担持面に実質的に垂直な軸(たとえば y 軸)に沿って 1003 などの磁界の存在下で单一のアニールステップで行なって、安定化特徴(たとえば、PM / AFM タブ 1004)とセンサ積層体 AFM-SAF 層との両方の磁化方向を单一のアニールステップで設定し、これによりセンサ積層体 302A、302B および安定化特徴(たとえば、PM / AFM タブ 1004)のための別個の磁化方向設定アニールステップを回避し得る。

10

20

30

40

50

【0035】

また別の実施形態では、上述の実施形態の任意のものの中のセンサ 302A とセンサ 302B との間の絶縁スペーサ層 324 をアルミナの誘電率値よりも低い誘電率(ϵ_r)値(すなわち、約 9 よりも低い ϵ_r 値)を有する材料で形成してもよい。厚みが低減された絶縁スペーサ層を形成するのに好適な、 ϵ_r の値が相対的に低い材料の一例が SiO₂ であり、これは、約 4 の ϵ_r の値を有する。当然ながら、異なる実施形態では、 ϵ_r の値が相対的に低い他の誘電材料が好適であってもよい。SiO₂ のように ϵ_r の値が相対的に低い/小さい場合、たとえば、相対的に厚いアルミナ絶縁スペーサ層のキャパシタンスと比較したキャパシタンスの低下なしに、絶縁スペーサ層 324 についてより小さな厚みを達成することができる。このように、絶縁スペーサ層 324 のためにたとえば SiO₂ を用いる結果、 $d_{spacing}$ を縮小し得る。

【0036】

図 11 A、図 11 B、および図 11 C は、上述の異なる $d_{spacing}$ 縮小特徴の組合せを含むマルチ読取器センサ 1100 の実施形態をまとめて示す。センサ 1100において、(遮蔽構造 314 と同様の) 遮蔽構造 1102 は、(構造 315 および 702 と同様の) 遮蔽要素 1104 と、遮蔽要素のための(層またはタブ 322、602、802、902、および 1004 と同様の) 安定化機構 1106 とを一般的に備えて示される。この実施形態では、絶縁スペーサ層 324 は、SiO₂ などの ϵ_r が相対的に低い材料で形成される。遮蔽要素 1104 は、NiFe よりも磁気モーメントの値が大きい材料で形成される少なくとも 1 つの強磁性層を含む。安定化機構 1106 は、マルチセンサ読取器内の、安定化特徴が $d_{spacing}$ に実質的に付加的に寄与しない位置に位置する遮蔽要素 1104 とは離れた少なくとも 1 つの安定化特徴(AFM または PM タブ)を含んでもよい(すなわち、少なくとも 1 つの安定化特徴は、図 11 B(図 11 A の線 D-D に沿った断面図)に示されるように担持面から窪んでいても、または図 9 に示されるように強磁性層および側方バイアス軟磁性層の側に位置決めされてもよい)。さらに、安定化機構 1106 の少なくとも一部は、図 11 C に示され、かつ図 5 A および図 5 B に関連して上述されたように、形状異方性などのたとえば自己ピン止め技術を用いることによって遮蔽構造 1102 に組入れられてもよい。先に注記したように、好適であり得る他の自己ピン止め技術は、整列磁石を用いた膜成長および/または制御された入射角での膜の堆積、好適な熱アニールプロセスなどを含む。

【 0 0 3 7 】

異なる図は、底部および頂部センサ 3 0 2 A および 3 0 2 B が z 方向に整列されているのを示すが、さまざまな実施形態では、異なるセンサは互いからオフセットされてもよいことに留意すべきである。遮蔽構造の厚みを低減するための技術を単一センサ読取器においても用いて、頂部シールド 2 1 8 と底部シールド 2 2 2との間の間隔を小さくしてもよいことにも留意すべきである。

【 0 0 3 8 】

複数センサ磁気再生装置内のセンサ間の間隔縮小特徴のさまざまな例を出願中に開示するが、実施形態は、出願中に開示される特定の適用例または用例に限定されない。開示のさまざまな実施形態の構造および機能の詳細とともに開示のさまざまな実施形態の数多くの特性および利点を以上の説明で述べたとしても、この開示は例示のみのためのものであり、添付の請求項が表わす用語の広い一般的の意味によって示される全範囲までの本開示の原則の範囲内で、特に部品の構造および配置という事項において詳細に変更がなされてもよいことを理解すべきである。たとえば、本開示の範囲および精神から逸脱することなく実質的に同じ機能性を維持しつつセンサ間間隔縮小特徴を有する複数センサ磁気再生装置のための特定の適用例に依存して、特定の要素は異なり得る。さらに、本明細書中に記載の実施形態は、特定のデータ記憶システムで利用される特定の種類の複数センサ磁気再生装置に向けられるが、本開示の範囲および精神から逸脱することなく、本開示の教示を他のデータ記憶装置に適用可能であることが当業者によって認められるであろう。

10

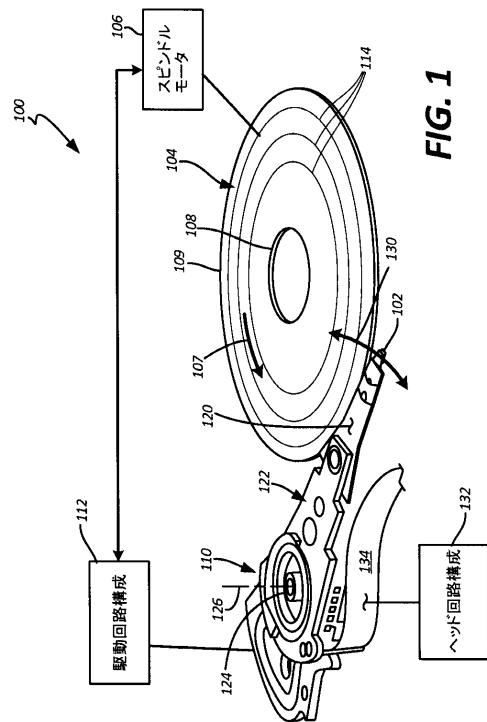
【 符号の説明 】

20

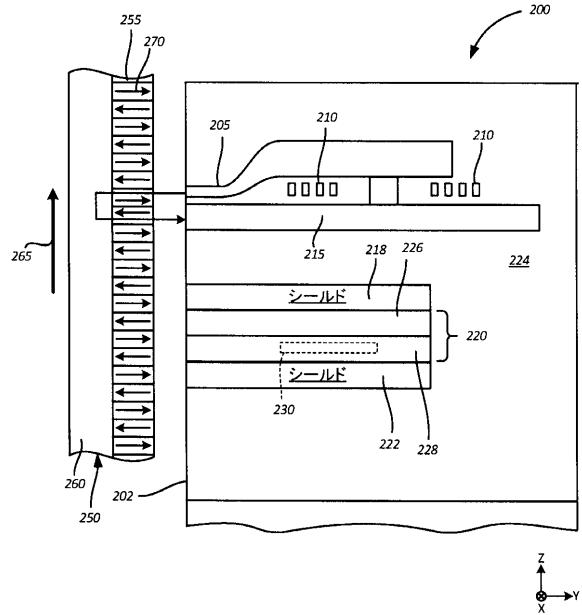
【 0 0 3 9 】

2 1 8 頂部シールド、2 2 2 底部シールド、3 0 0 読取ヘッド、3 0 2 A , 3 0 2 B センサ、3 0 4 センサ反強磁性(A F M)層、3 0 5 底部シールド、3 0 6 合成反強磁性(S A F)構造、3 0 8 スペーサ層、3 1 0 フリー層、3 1 2 積層キップ、3 1 4 遮蔽構造、3 1 5 遮蔽要素、3 2 2 , 9 0 6 側方バイアス、3 2 4 分離層、3 5 0 マルチセンサ読取器、4 0 0 , 5 0 0 , 6 0 0 , 7 0 0 , 7 5 0 , 8 0 0 , 9 0 0 , 1 0 0 0 , 1 1 0 0 センサ読取器、7 0 2 ピンド層、8 0 2 S A F シールド A F M 層、9 0 2 硬磁石、1 0 0 2 軟磁性層、1 0 0 4 永久磁石またはA F M タブ

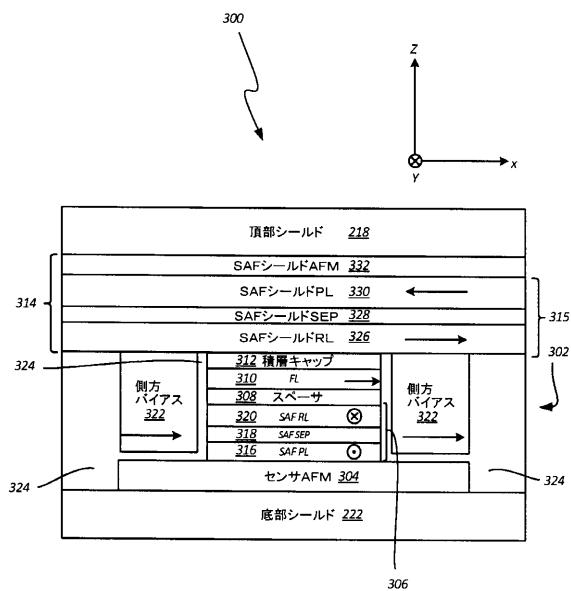
【図1】



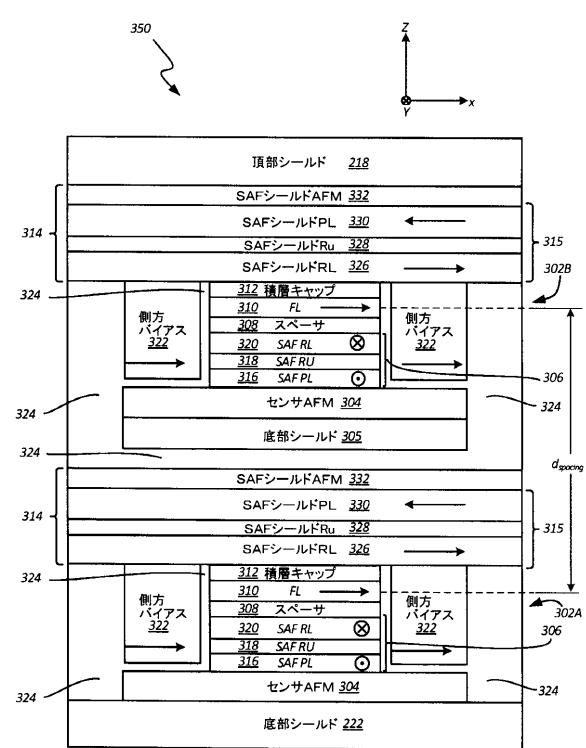
【図2】

**FIG. 2**

【図3A】

**FIG. 3A**

【図3B】

**FIG. 3B**

【図4】

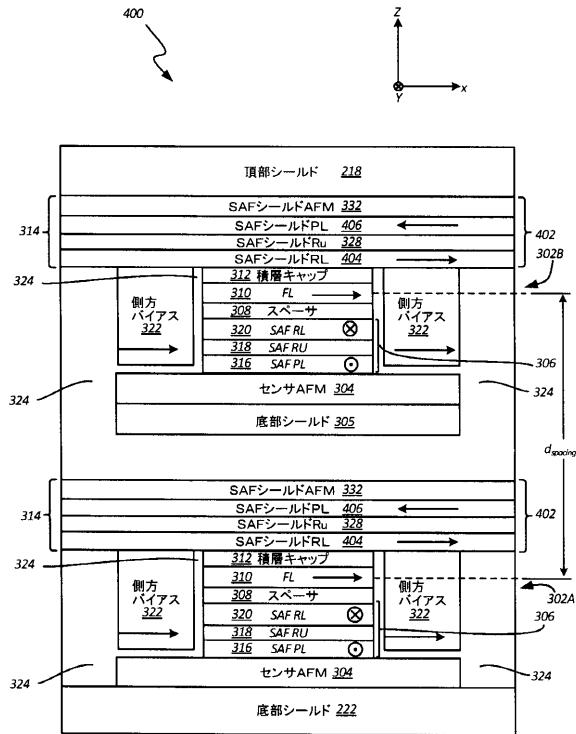


FIG. 4

【図5A】

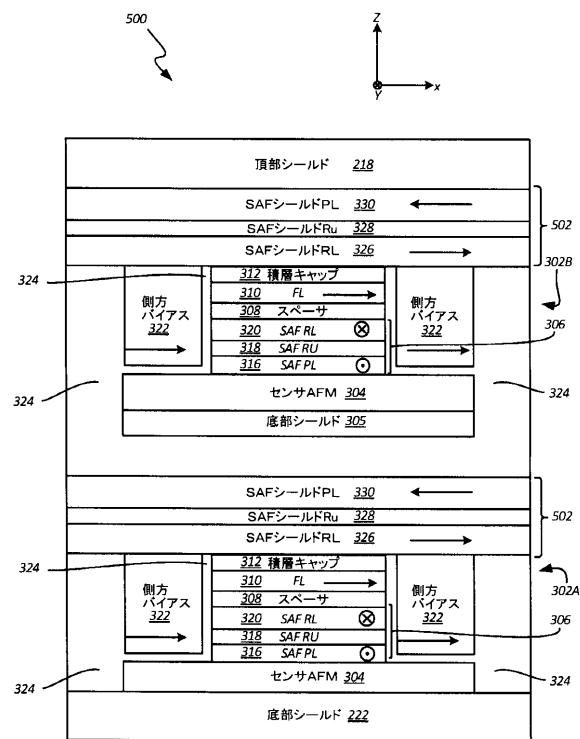


FIG. 5A

【図5B】

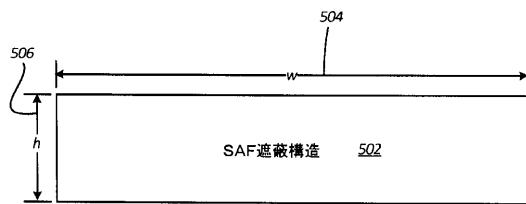


FIG. 5B

【図6A】

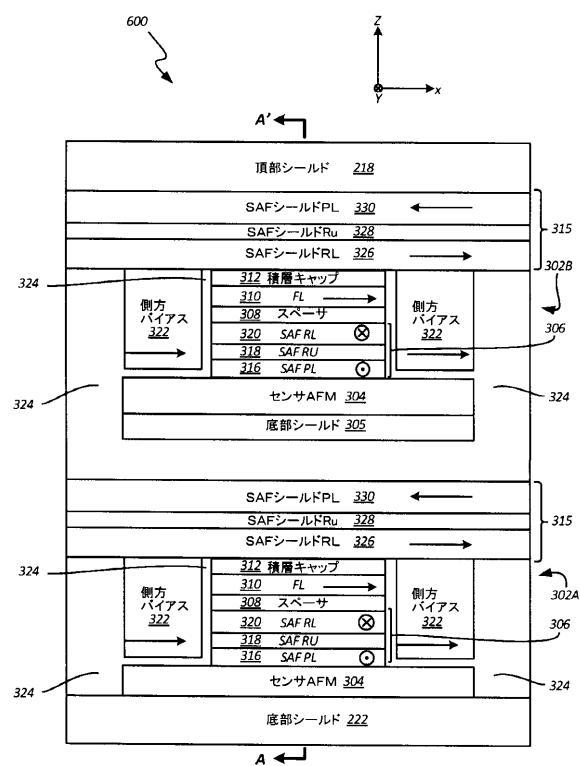


FIG. 6A

【図 6 B】

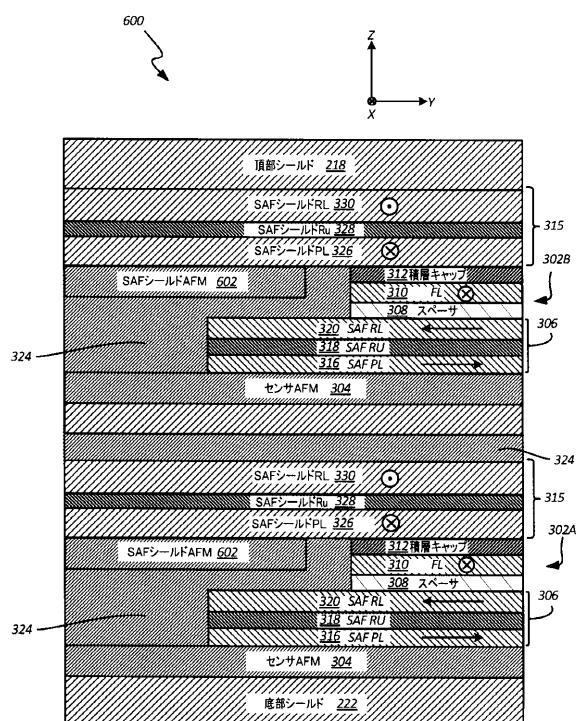


FIG. 6B

【図 7 A】

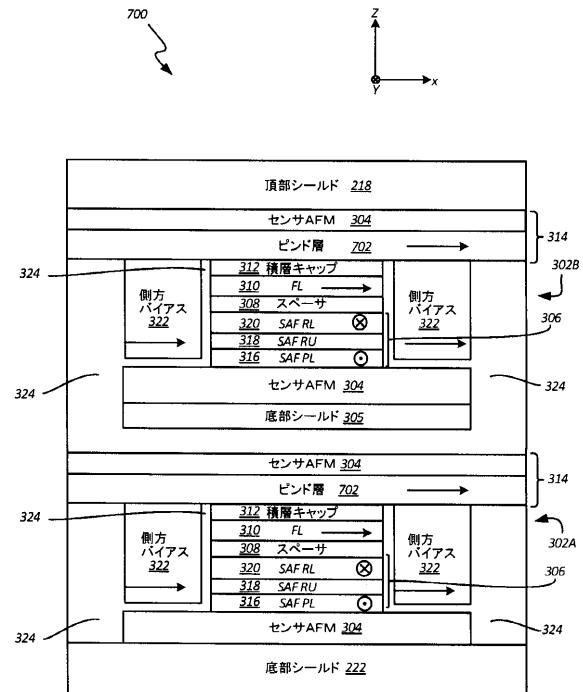


FIG. 7A

【図 7 B】

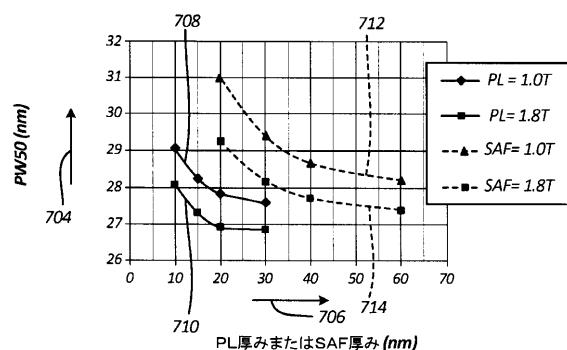


FIG. 7B

【図 7 D】

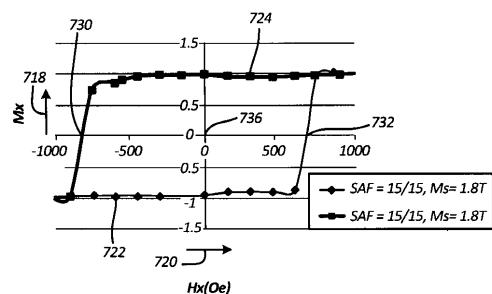


FIG. 7D

【図 7 C】

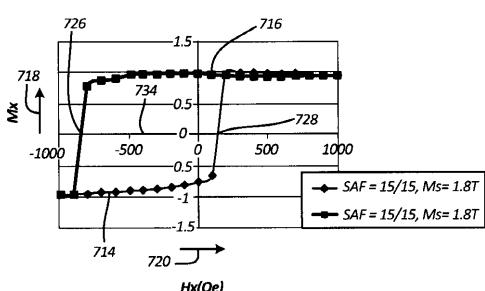


FIG. 7C

【図 7 E】

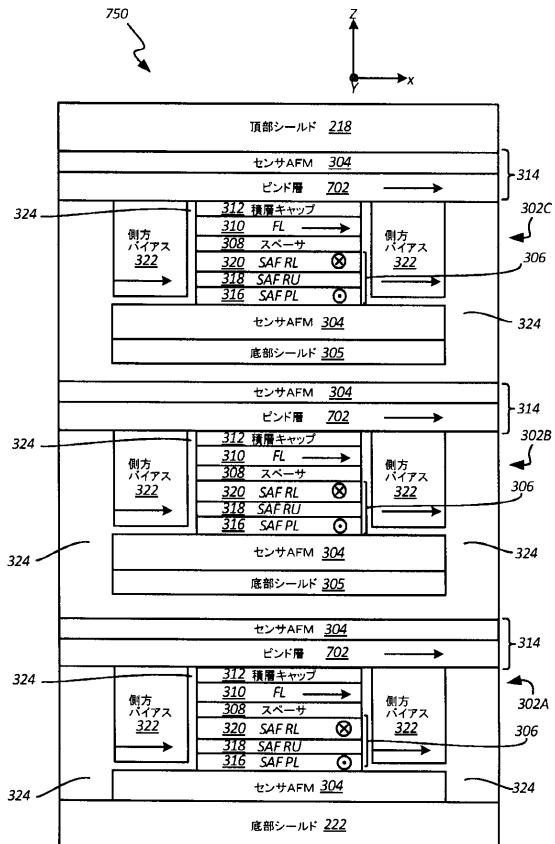


FIG. 7E

【図 8 A】

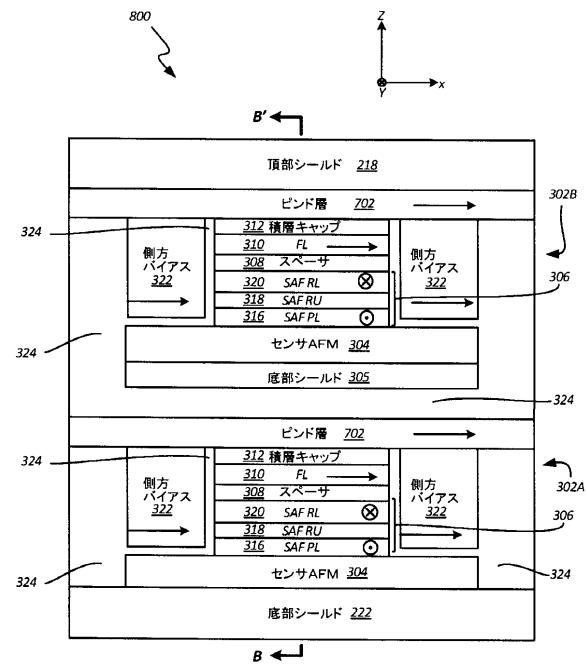


FIG. 8A

【図 8 B】

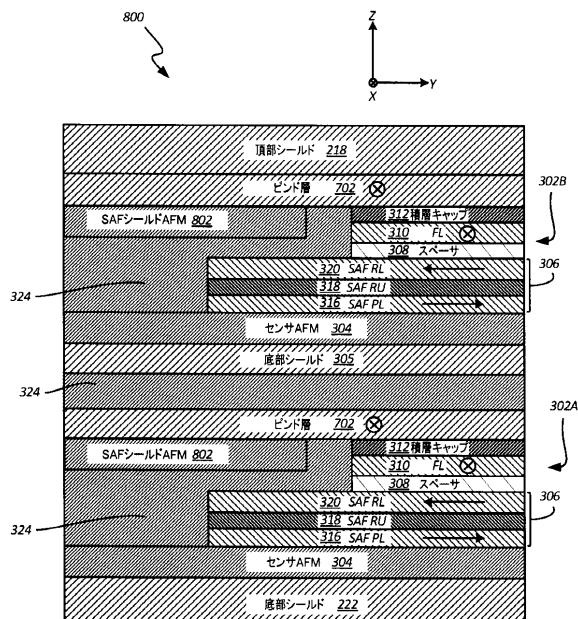


FIG. 8B

【図 9】

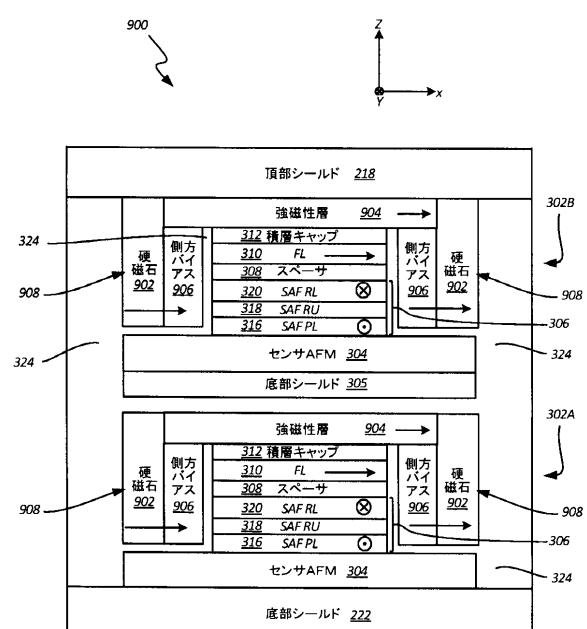


FIG. 9

【図 10A】

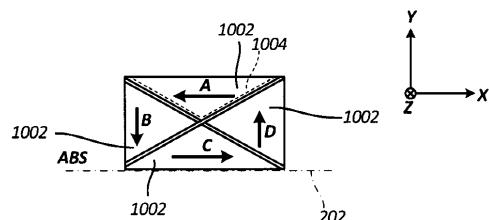


FIG. 10A

【図 10C】

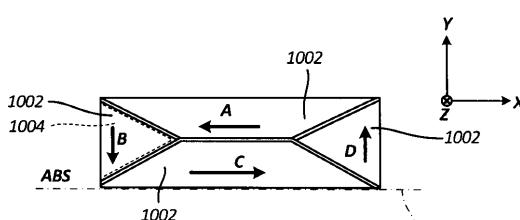


FIG. 10C

【図 10B】

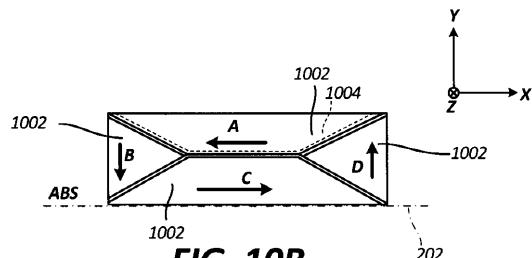


FIG. 10B

【図 10D】

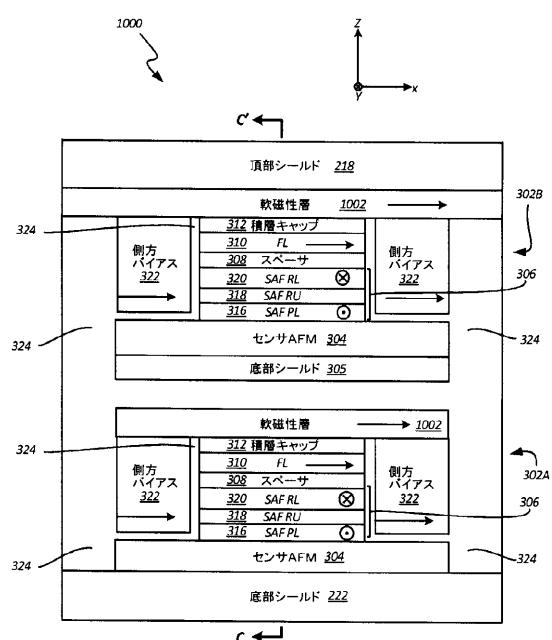


FIG. 10D

【図 10E】

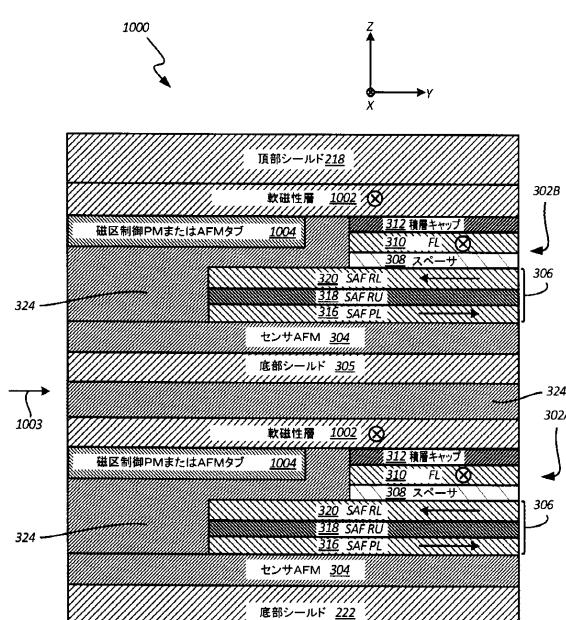


FIG. 10E

【図 11A】

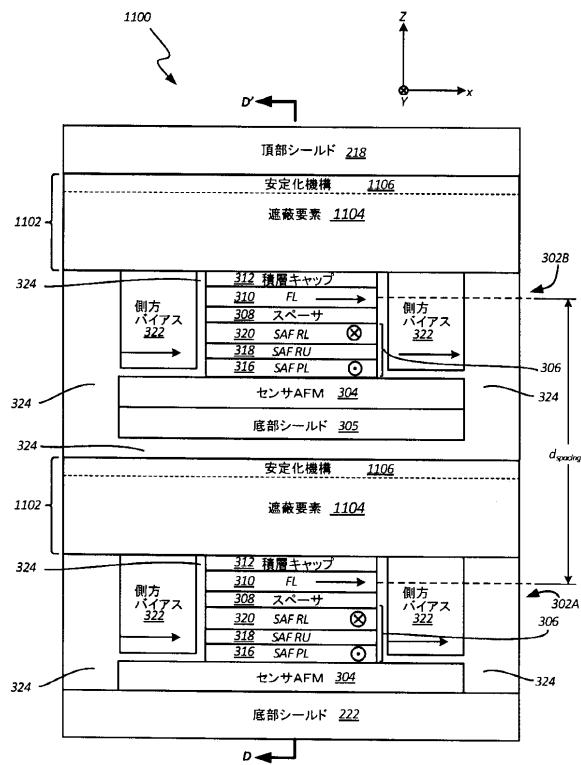


FIG. 11A

【図 11B】

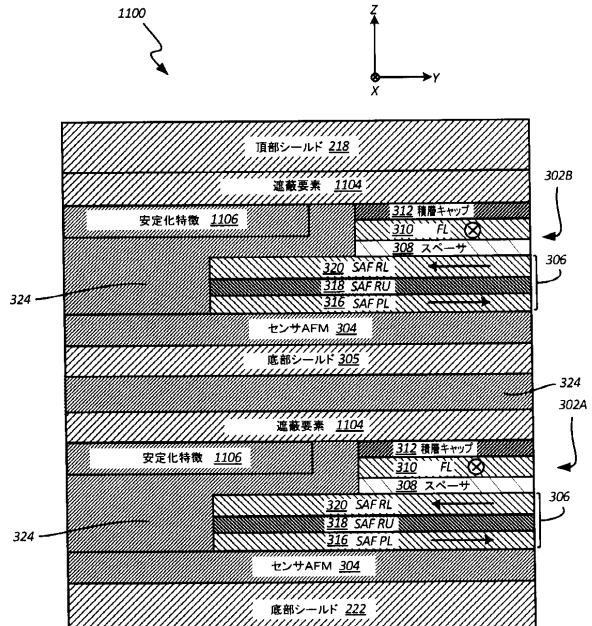


FIG. 11B

【図 11C】

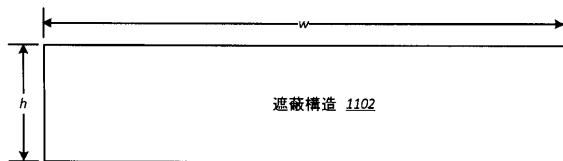


FIG. 11C

フロントページの続き

- (72)発明者 ゲー・ジーグオ
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 ピクター・サポツニコフ
アメリカ合衆国、55345 ミネソタ州、ミネトンカ、マウント・テラス、14009
- (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 ジェ・ヨン・イ
アメリカ合衆国、55372 ミネソタ州、プライナー・レイク、クーガー・パス・ノース・ウェスト、2731
- (72)発明者 モハメド・シャリア・ウッラー・パトワリ
アメリカ合衆国、55347 ミネソタ州、エデン・プレーリー、エセックス・コート、13610
- F ターム(参考) 5D034 BA03 BA04 BA12 BA15 BA30 BB08 BB12 BB20 CA08 DA07
5D054 BA53 BA61 BB31 BB33 BB41 CA21