

(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2005-12215

(P2005-12215A)

(43) 公開日 平成17年1月13日(2005.1.13)

(51) Int.Cl.⁷

H 01 L 43/08

G 01 R 33/09

G 11 B 5/39

F 1

H 01 L 43/08

G 11 B 5/39

G 01 R 33/06

B

テーマコード(参考)

2 G 01 7

5 D 03 4

R

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2004-176686 (P2004-176686)	(71) 出願人	503116280 ヒタチグローバルストレージテクノロジーズネザーランドビーブイ オランダ国 1076エーゼット, アムステルダム, ロケーテリケード 1
(22) 出願日	平成16年6月15日 (2004. 6. 15)	(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男
(31) 優先権主張番号	10/464254	(74) 代理人	100095876 弁理士 木崎 邦彦
(32) 優先日	平成15年6月17日 (2003. 6. 17)	(72) 発明者	デービッド・ユージーン・ヘイム アメリカ合衆国 94062、カリフォルニア州、レッドウッドシティ、グランドストリート 502
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

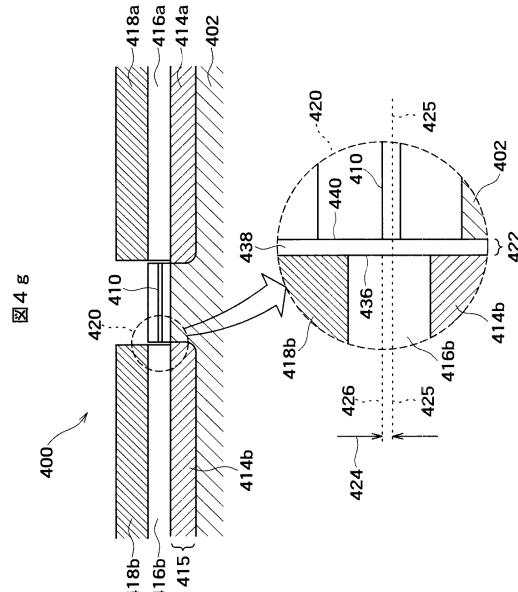
(54) 【発明の名称】急勾配の端壁を有すバイアス磁石を備えた磁気抵抗センサ

(57) 【要約】

【課題】センサ積層体との幅が狭く一層効果的な接合部を、ハード・バイアス材が形成する磁気スピン・バルブ・センサが必要である。

【解決手段】磁気抵抗センサ400は実質的に垂直な端壁434, 436を有するバイアス磁石416a, 416bを備えている。バイアス磁石416a, 416bおよび自由層410間のオフセット424は、スペーサ層414a, 414bの層厚415を調整することにより最適化される。ディスク・ドライブ100には、実質的に垂直な端壁434, 436を持つ最適化されたバイアス磁石416a, 416bを有する磁気抵抗センサ400を備えた読み取り素子が具備されている。

【選択図】図4g



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

強磁性固定層および強磁性自由フリー層とを含み第一と第二の端部を有するセンサ積層体と、前記センサ積層体の前記第一の端部に配置され実質的に垂直な端壁を有する第一バイアス磁石と、前記センサ積層体の前記第二の端部に配置され実質的に垂直な端壁を有する第二バイアス磁石とを有することを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項 2】

第一と第二の端部を有する強磁性自由層を含むセンサ積層体と、前記センサ積層体の前記第一の端部に配置された層厚を有する非磁性スペーサ層と、前記強磁性自由層の前記第一の端部で前記非磁性スペーサ層を覆って配置されたバイアス磁石とを有し、前記バイアス磁石は、実質的に垂直端壁を有しあつ前記自由層に作用する大きさの安定化磁界を提供し、前記安定化磁界の大きさは予め選択された値の範囲内にあるように前記非磁性スペーサの前記層厚を調整することを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項 3】

前記非磁性スペーサ層はクロムを含むことを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 4】

前記安定化磁界の予め選択された値の範囲は最大可能値の少なくとも 50 % であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 5】

前記自由層は幾何学中心を含み、前記バイアス磁石は幾何学中心を含み、前記自由層の前記幾何学中心および前記バイアス磁石の前記幾何学中心間のオフセットが約 8 ナノメータ未満であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 6】

前記自由層および前記バイアス磁石間の隔たりが約 5 ナノメータ未満であることを特徴とする請求項 2 記載の磁気抵抗センサ。

【請求項 7】

磁気ディスクと、

前記磁気ディスクに情報を書き込む書き出し素子と、

強磁性固定層および強磁性自由層を備え第一および第二の端部を有するセンサ積層体と、前記センサ積層体の前記第一の端部に配置され実質的に垂直の端壁を有する第一バイアス磁石と、前記センサ積層体の前記第二の端部に配置され実質的に垂直の端壁を有する第二バイアス磁石とを備え、前記ディスクから情報を読み取る磁気抵抗センサと、を有することを特徴とするディスク・ドライブ。

【請求項 8】

磁気ディスクと、

前記ディスクに情報を書き込む書き出し素子と、

第一および第二の端部を有する強磁性自由層を含むセンサ積層体と、前記センサ積層体の前記第一の端部に配置された層厚のある非磁性スペーサ層と、実質的に垂直端壁を有し前記自由層に作用する大きさの安定化磁界を提供し前記強磁性自由層の前記第一の端部に前記非磁性スペーサ層を覆って配置されたバイアス磁石とが備えられており、前記非磁性スペーサ層厚は前記安定化磁界の大きさを予め選択された値の範囲内にあるように調整されている前記ディスクから情報を読み取る磁気抵抗センサと、を有することを特徴とするディスク・ドライブ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、一般的には磁気ディスク・ドライブで使用される磁気抵抗センサに関するものであり、さらに詳しくは、実質的に垂直の端壁を有するバイアス磁石を備えた磁気抵抗センサに関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】**【0002】**

現代のコンピュータ・システムでは、デジタル情報の磁気記録を利用したディスク・ドライブが、データの殆どを記憶する。ディスク・ドライブには、少なくとも一つの個別同軸データ・トラックを有する回転ディスクが備えられている。各ディスク・ドライブは、トラック上でデータの書き込および読み取を行うための、書込素子と読み取素子とが別々になっていることが標準的な少なくとも1個のトラック記録ヘッドを備えている。

【0003】

現代のディスク・ドライブの読み取素子には磁気抵抗スピノ・バルブ・センサが備えられている。また磁気スピノ・バルブ・センサには、強磁性固定層、非磁性導電層、強磁性自由層などを含むセンサ積層体としても知られる層のサンドイッチが含まれる。このセンサ積層体は、2つの磁気シールド間に配置されている。2つの磁気シールドの間隔により、読み取りギャップができる。読み取りギャップの大きさは、センサ高記録密度収容力に影響を強く与える。ディスク上の書込磁気転移からのフィールドのような印加磁界の方向や絶対値とについて、スピノ・バルブ・センサの抵抗が変化する。この抵抗変化を検知するため、センス電流が電気的リード線を経てセンサを通過する。この電気的リード線はリード線層、さらに簡潔に表すとリード線としても知られている。一般的には、永久磁石を形成するセンサ積層体の端部近傍の層内にハード・バイアス材が配置されており、この永久磁石によりセンサ積層体上のバイアス安定化磁界が印加される。またこの永久磁石は、ハード・バイアス磁石あるいはバイアス磁石としても知られている。

10

20

30

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

スピノ・バルブ・センサの性能にとり、バイアス磁石の配置や設置は重要である。標準的な先行技術であるスピノ・バルブでは、センサ積層体に円形状端部や傾斜状端部を残すフォトレジスト剥離機構を用いてセンサ積層体を形成する。次に隣接接合部を形成するこれら傾斜端部にハード・バイアス材を溶着する。各隣接接合部はかなり幅があるため、その結果各隣接接合部の磁極分布は比較的広くなる。スピノ・バルブ・センサの必要トラック幅が狭まるほど、トラック幅全体に占める隣接接合幅は広くなる。また隣接傾斜接合部の効果はやや薄いので、センサを十分に安定させるやや厚層のハード・バイアス材が必要となる。必要トラック幅が狭まるにつれ、隣接接合部に関連するこの有害作用は一層ややこしくなってきている。

【0005】

したがって、センサ積層体との幅が狭く一層効果的な接合部をハード・バイアス材が形成する磁気スピノ・バルブ・センサが必要である。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

好みしい実施例では、2個のバイアス磁石で磁気的に安定したセンサ積層体を有する磁気抵抗スピノ・バルブ・センサが提供されている。このバイアス磁石は実質的に垂直の端壁を有す。この急勾配の垂直端壁を有すバイアス磁石により、センサ積層体との接合部がごく狭くなる。さらに自由層に対するバイアス磁石の位置を最適化するために、非磁性スペーサ層が用いられる。このような新規の磁気抵抗センサにより空間分解能が改善された。加えて、実質的に垂直の端壁があるため、センサ積層体およびバイアス磁石間の接合部の効率が高い。このような効率によって感度低下の少ない薄型バイアス磁石が使用可能となる。

40

【0007】

また別の実施例では、実質的に垂直の端壁を有する2個のバイアス磁石で磁気的に安定させた磁気抵抗スピノ・バルブ・センサを読み取素子が備えたディスク・ドライブが提供されている。

【0008】

50

また図面を用いて本発明の原理例を説明する以下の詳細な記述から、本発明の他の側面と利点が明らかとなる。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、感度低下の少ない薄型バイアス磁石が使用可能となる磁気抵抗センサを提供することができる。

【0010】

また、本発明によれば、高い線記録密度を維持することができるディスク・ドライブを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0011】

説明のために用いる図や以下のセクションでの詳細な説明のように、本発明は、実質的に垂直な端壁を有するバイアス磁石を備えた新規な磁気抵抗スピニ・バルブ・センサで具現化されている。バイアス磁石と自由層との間のオフセットを最適化するために、非磁性スペーサ層を使用する。本発明は、実質的に垂直な端壁のあるバイアス磁石を有する磁気スピニ・バルブ・センサを備えた読み取り素子を具備するディスク・ドライブでも具現化されている。感度を犠牲にすることなく優良なセンサ安定性が得られる。

【0012】

図1を参照すると、磁気ディスク・ドライブ100は、スピンドル104に支持されモータ(図示せず)により回転する回転可能な磁気ディスク102を少なくとも1個有する。読み取りおよび書き込み中、ディスク102の面に配置される取り付け記録ヘッド108を備えたスライダ106が少なくとも1個ある。この記録ヘッド108には、ディスク102にデータを書き込む書き込み素子が含まれる。この記録ヘッドには、ディスクからデータ読み取りする読み取り素子として用いる本発明にしたがった磁気抵抗スピニ・バルブ・センサ(下記に詳細に示した)も含まれる。スライダ106にはサスペンション110が取り付けられ、サスペンション110にはアクチュエータ112が取り付けられている。アクチュエータ112は回動可能となるようにディスク・ドライブ100のハウジング116に取り付けられ、ボイス・コイル・モータ118で回動点114の周りを回転する。ディスクの回転中、ディスク102面の半径円弧状経路120に沿ってアクチュエータ112がスライダ106とサスペンション110とを配置し、関連データ・トラックにアクセスする。

【0013】

図1を再び参照すると、ディスク・ドライブ100の動作中、スライダ106に関連する回転ディスク102の動きにより、スライダ106およびディスク102面間に、スライダ106の上方向への力を生む空気ベアリングが生じる。ディスク102面にスライダ106を付勢させるサスペンション110からのばね力によって、この押し上げ力とのバランスが保たれる。あるいは、動作中にスライダ106がディスク102面と部分的にあるいは連続して接触してもよい。

【0014】

図2はスライダ200のさらに詳細な図である。記録ヘッド218は、好ましくはスライダ200の終端面206に構成されている。図2は、記録ヘッド218の書き込み素子を構成する上部磁極208およびコイル214のターン210とを示す。2個の磁気シールド220間に配置された読み取りセンサ204を含む読み取り素子が、スライダ体202と書き込み素子の間に形成されている。書き込み素子および読み取り素子と接続可能な電気接続パッド212が示されている。スライダ200のディスク対向部222は、通常空気ベアリング(図示せず)を有する。記録ヘッド218のディスク対向面はスライダ200のディスク対向部222上に示されている。

【0015】

図3a～3fは先行技術に従つたいくつかの製造段階中の磁気抵抗ヘッド300のディスク対向面から見た図である。図3aは、アルミナなど適当な基板302上に堆積したよ

50

うなセンサ積層体の層 304 を示す。図 3 b は、センサ積層体の層 304 を覆って形成されたフォトレジスト剥離機構 306 の断面図である。このフォトレジスト剥離機構 306 はオーバーハング特性 307 を有するが、この特性は後続層(図示せず)の形成後にフォトレジスト材の剥離あるいは除去を促進する。図 3 c は、イオン・エッティングを利用してセンサ積層体 305 を形成した後のセンサ 300 を示す。図 3 c はまた堆積したハード・バイアス材 308 a、308 b、308 c を示す。センサ積層体 305 の端部 320、322 に隣接したハード・バイアス材は、永久バイアス磁石 308 a、308 b を形成する。バイアス磁石 308 a、308 b からの磁界によりセンサ積層体 305 が安定する。一般的にハード・バイアス材は CoPtCr などの合金である。また一般的に、バイアス磁石の形成に用いる材料はパーマロイなどのシールド材よりも物理的に硬い。

10

【0016】

図 3 d は電気的リード線 310 a、310 b の形成を示す。電気的リード線 310 a、310 b の形成に用いる材料は、フォトレジスト剥離機構 306 を覆う堆積層 310 c でもある。図 3 e はフォトレジスト剥離機構 306 の剥離後あるいは除去後のセンサ 300 を示す。先行技術の代替実施例では、リード線 310 a、310 b は図 3 f に示したセンサ積層体 305 の一部を覆って形成される。

【実施例 1】

【0017】

図 4 a ~ 4 g は本発明に従つたいくつかの製造段階中、磁気抵抗センサ 400 のディスクが対向する面から見た図を示している。図 4 a ~ 4 g は代表図に過ぎず、必ずしも基準となるものではなく、当業者らは別の工程で本発明のセンサができるかを確認できる。図 4 a はアルミナなどの適当な基板 402 上でサンドイッチ層 404 からなるセンサ積層体の図である。サンドイッチ層 404 は、自由層 408 と固定層や表層(図示せず)などの追加の層とからなる。図 4 b は、サンドイッチ層 404 を覆って形成されたフォトレジストからなるパターン層 412 を示す図である。フォトレジストのパターン層 412 は先行技術(図 3 b の 306)用に以前示された既知の剥離機構を有しておらず、代わりに実質的に垂直の壁を有している。図 4 c はイオン・エッティング処理を行なった結果の図である。センサ積層体 406 と自由層 410 はイオン・エッティング後に残っている層 404 のサンドイッチ部である。イオン・エッティングは基板 402 を支える部分を除去する処理として十分積極的なものである。

20

【0018】

図 4 d は堆積した非磁性スペーサ材 414 a、414 b、414 c を示す図である。この非磁性スペーサ材 414 a、414 b、414 c は、クロムなどの適当な材料からうまく形成することができる。この非磁性スペーサ材 414 a、414 b、414 c に用いる材料の中には、バイアス磁石の形成(下記に詳細に述べる)前に、スペーサ材 414 a、414 b、414 c にクロムなど適当な金属からなる薄いシード層(図示せず)の形成を要するものがある。2つの部分 414 a、414 b は、センサ積層体 406 の各側上に非磁性スペーサ層を形成する。他方の部分 414 c は、パターン形成されたフォトレジスト 412 上に形成され、その後フォトレジスト 412 と共に取り除かれる。

30

【0019】

非磁性スペーサ層 414 a、414 b の形成中、少量の非磁性スペーサ材がセンサ積層体の端壁上にも形成される。下記に述べる図 4 g の挿入部 420 にこの詳細を示した。堆積した非磁性スペーサ材 438 は、バイアス磁石 416 b およびフリー層 410 間の分離 422 の一因となっている。

40

【0020】

図 4 e は、非磁性スペーサ材 414 a、414 b、414 c を覆って形成されたハードバイアス材 416 a、416 b、416 c の図である。センサ積層体 406 の近傍に形成されたこのハード・バイアス材の部分 416 a、416 b は、安定化フィールドを提供する永久バイアス磁石を形成する。ハード・バイアス磁石 416 a、416 b の端壁 434、436 は実質的に垂直である。図 4 f はセンサ 400 上に形成されたリード線材 418

50

a、418b、418cを示す図である。

【0021】

図4gは、フォトレジストのパターン層412を取り除いた後のセンサ400の図である。フォトレジストのパターン層412を取り除く好ましい方法は当該技術分野で周知の化学機械研磨処理である。この方法では、従来の剥離機構を備えていないパターン・フォトレジスト層を除去するための軽洗浄動作を伴う適切なフォトレジスト溶媒が使用される。

【0022】

この実施例で提供され、また図4gに示されたバイアス磁石は、実質的に垂直な端壁を有している。これらの実質的に垂直な端壁には、先行技術で提供された傾斜の端壁にまさる顕著な利点がある。ハード・バイアス磁石の端壁にある分散型磁極は、傾斜端壁と比べると、垂直端壁に向かってより空間的に集中している。そのため、センサ積層体に安定化フィールドを提供する際には、垂直な端壁を有する永久バイアス磁石の方が効率的である。したがって、ハード・バイアス材の層の厚さを減らすことができ、その結果、記憶情報の高記録密度化に合わせて読み取りギャップが小さくなる。

【0023】

端壁が実質的に垂直な場合にはハード・バイアス材の効果性が向上する。センサ積層体の自由層に関連してハード・バイアス磁石を最適に配置した場合には、バイアス磁石の効果性も向上する。自由層に関連して永久磁石を最適に配置する、2つの重要な次元を図4gの挿入図420に示した。第一の次元は、幾何学中心に関連する自由層410の中心線425による図4gで表された幾何学中心間と、バイアス磁石の1個416bの中心線426で表された垂直オフセット424である。原則として、自由層410に関連するバイアス磁石416a、416b間のオフセット424を最適化する必要がある。

【0024】

簡潔さを目的に、バイアス磁石416bの1個のみの位置を詳細に下記に述べる。自由層410の中心線425で表される幾何学中心と、バイアス磁石416bの1個の中心線426で表される幾何学中心の間の垂直オフセット424は、非磁性スペーサ層414bの厚さ415を調整することで制御される。

【0025】

永久磁石の効果性に影響を与える第二の次元は、バイアス磁石416bと自由層410の間の物理的分離422である。分離422は一般的にやや小さく、通常は約3~8ナノメータである。分離422は、非磁性スペーサ層414bの厚さ415と関連している。非磁性スペーサ層414bの堆積中、露出したセンサ積層体406の端壁440に非磁性スペーサ材438の一部が生じる。この非磁性スペーサ層材438の量は、非磁性スペーサ層414bの層厚415に大きく依存する。完成したセンサ400では、非磁性スペーサ層材438の量により、バイアス磁石416bと自由層410の間の分離422がほぼ決定する。非磁性スペーサ層414bに堆積するどんなシード層(図示せず、また通常非常に薄い)でも、分離の一因となる。

【0026】

図4hは代替実施例であり、リード線418a、418bはセンサ積層体406を覆つて形成される。このリード線オーバーレイ機構でも、実質的に垂直な端壁434、436を有するバイアス磁石416a、416bが最適化された(詳細は下記に述べた)。

【0027】

図5は永久磁石の1個から自由層にかけて有効となる安定化フィールドを計算した絶対値の図である。図5のデータは、磁気モーメントが自由層よりも4倍大きいバイアス層について計算したものである。図5のデータを基準にすると、磁気モーメントが異なるバイアス磁石から、結果が簡単に得られる。図5の絶対値は、オフセットや分離なしで達成される最大磁場まで正規化されている。一般に、自由層に関連する永久磁石の最適な位置決めの定量的判断基準は、分離とオフセットの絶対値との組み合せが最大可能フィールドと比較した所定値と少なくとも同等の絶対値を有する安定化フィールドにつながるのがいつ

10

20

30

40

50

か、である。

【0028】

たとえば、フィールドの所定値を最高可能値の少なくとも60%にした場合、分離は約8nmでオフセットなし、あるいは分離は約2nmでオフセットの絶対値は約8nmとすることなどが、うまい組み合せとなる。バイアス・フィールドの許容値の一般的な事前選択値は、少なくとも最大値の50%である。60%以上という更に高い値が選択されることもある。もっと単純な工程制御値基準として、オフセットと分離に別々の制限を設けるというものがある。たとえば、安定化フィールドの絶対値の規定値が最高値の少なくとも70%とした場合、分離は約5nm未満、オフセットの絶対値は約7nm未満とすべきである。

10

【0029】

本発明の実施例は、実質的に垂直端壁を有するバイアス磁石を備えた磁気抵抗センサを提供する。さらにバイアス磁石がセンサ積層体における自由層に関連して最適に配置されている。先行技術で提供されたセンサと比較して、本発明で提供されたセンサは、自由層向けに安定化フィールドを提供するために用いる非常に効率的なバイアス磁石を有する。効率が高いため、永久磁石の厚みを薄くすることができ、その結果センサは記録トラック方向でより高い線記録密度を維持できるようになる。また、永久磁石の端部で磁極が一層局在化しているので、クロス・トラックの分解能が改善する。

【0030】

本発明の特定な実施例を記述し図示してきたが、当業者であれば、明確に記述されてはいないが本発明の範囲内にある他の実施例がわかるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の一実施例による磁気抵抗センサを備えたディスク・ドライブを示す平面図である。

【図2】本発明の一実施例による磁気抵抗センサを備えたスライダおよび記録ヘッド（必ずしも基準とする必要がない）を示す図である。

【図3 a】先行技術の製造工程中の基板上に堆積したセンサ積層体の層を示す図である。

【図3 b】センサ積層体の層上フォトレジスト剥離構造の形成を示す図である。

【図3 c】イオン・エッチング後のバイアス磁石の形成を示す図である。

30

【図3 d】リード線形成後のセンサを示す図である。

【図3 e】フォトレジスト剥離後のセンサを示す図である。

【図3 f】従来のリード線オーバーレイを用いた代替センサを示す図である。

【図4 a】本発明の一実施例による磁気抵抗センサの製造工程中の基板上に堆積したセンサ積層体の層を示す図である。

【図4 b】センサ積層体の層を覆って形成したパターン・フォトレジストの図である。

【図4 c】イオン・エッチングの結果を示す図である。

【図4 d】非磁性スペーサ材形成後のセンサを示す図である。

【図4 e】ハード・バイアス材形成後のセンサを示す図である。

40

【図4 f】リード線を形成後のセンサを示す図である。

【図4 g】パターン・フォトレジストの剥離後のセンサを示す図である。

【図4 h】実質的に垂直な端壁のあるリード線オーバーレイを有する本発明の代替実施例を示す図である

【図5】オフセット・分離機能としての入手可能なバイアス・フィールドの絶対値をグラフ化した例を示す図である。

【符号の説明】

【0032】

100...：磁気ディスク・ドライブ、

102...磁気ディスク、

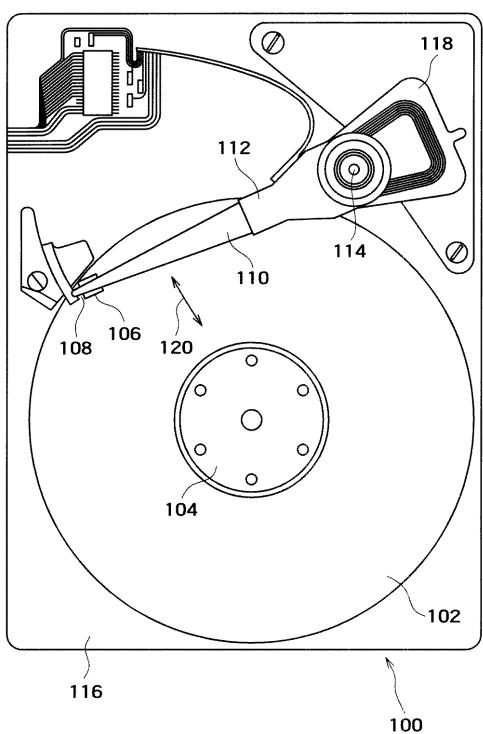
104...スピンドル、

50

1 0 6 ... スライダ、
1 0 8 ... 取り付け記録ヘッド、
1 1 0 ... サスペンション、
1 1 2 ... アクチュエータ、
1 1 4 ... 回動点、
1 1 6 ... ハウジング、
1 1 8 ... ボイス・コイル・モータ、
1 2 0 ... 半径円弧状経路、
2 0 0 ... スライダ、
2 0 2 ... スライダ本体、
2 0 4 ... 読取センサ、
2 0 6 ... 終端面、
2 0 8 ... 上部磁極、
2 1 0 ... ターン、
2 1 2 ... 電気接続パッド
2 1 4 ... コイル、
2 1 8 ... 記録ヘッド、
2 2 0 ... 磁気シールド、
2 2 2 ... ディスク対向部
4 0 0 ... 磁気抵抗センサ、
4 0 2 ... 基板、
4 0 4 ... サンドイッチ層、
4 0 6 ... センサ積層体、
4 1 0 : 自由層
4 1 2 ... フォトレジスト・パターン、
4 1 4 a、4 1 4 b、4 1 4 c ... 非磁性スペーサ層、
4 1 5 ... 層厚、
4 1 6 a、4 1 6 b ... バイアス磁石、
4 1 8 a、4 1 8 b、4 1 8 c ... リード線、
4 2 2 ... 分離、
4 2 4 ... 垂直オフセット、
4 2 5 ... 中心線、
4 3 4、4 3 6、4 4 0 ... 端壁、
4 3 8 ... 非磁性スペーサ材。
10
20
30

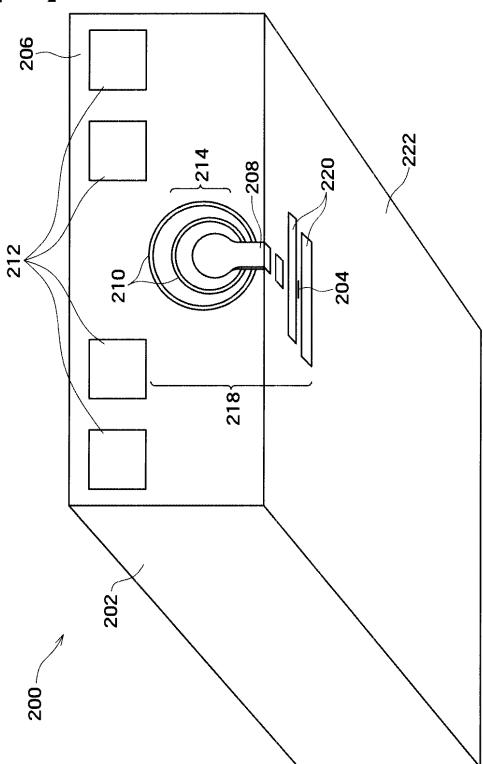
【図1】

図1

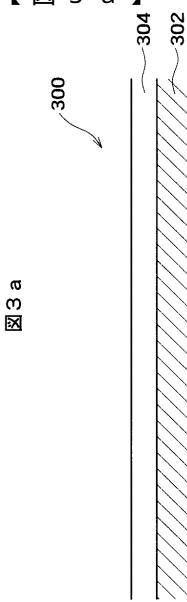


【図2】

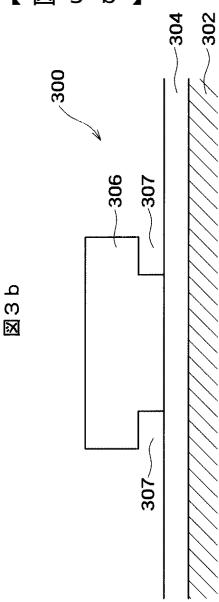
図2



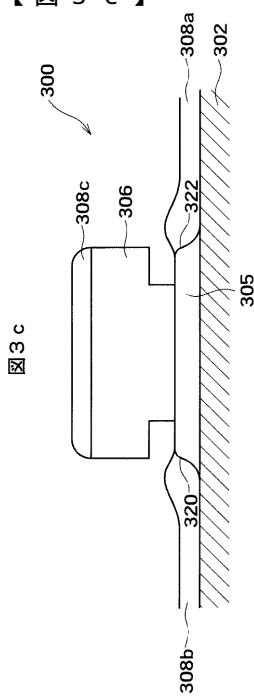
【図3 a】



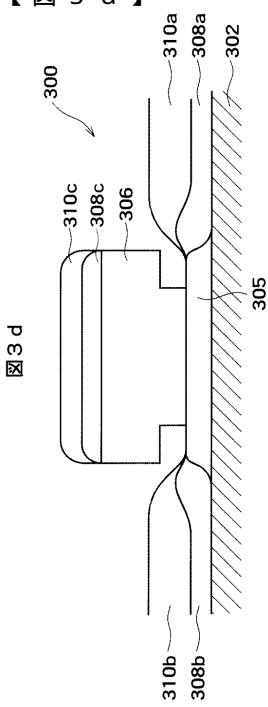
【図3 b】



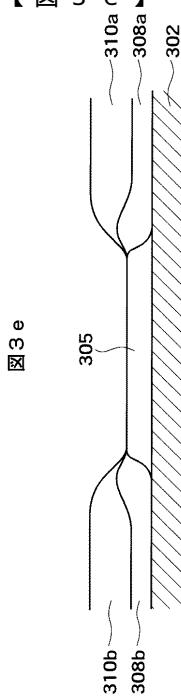
【図3c】



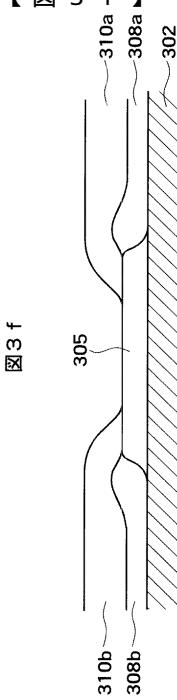
【図3d】



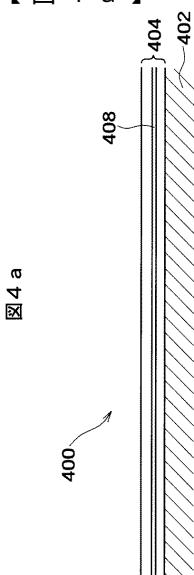
【図3e】



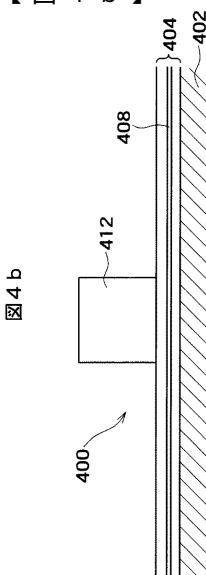
【図3f】



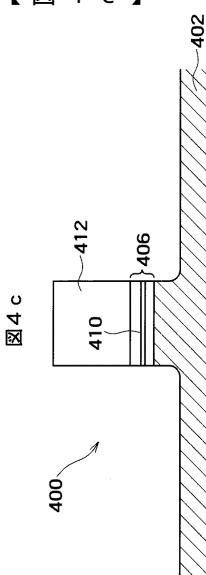
【図4 a】



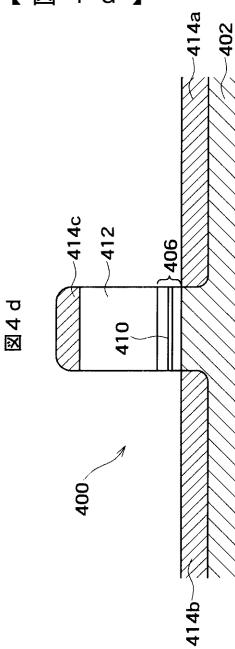
【図4 b】



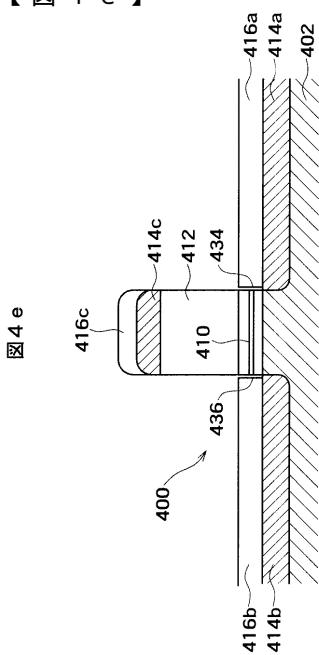
【図4 c】



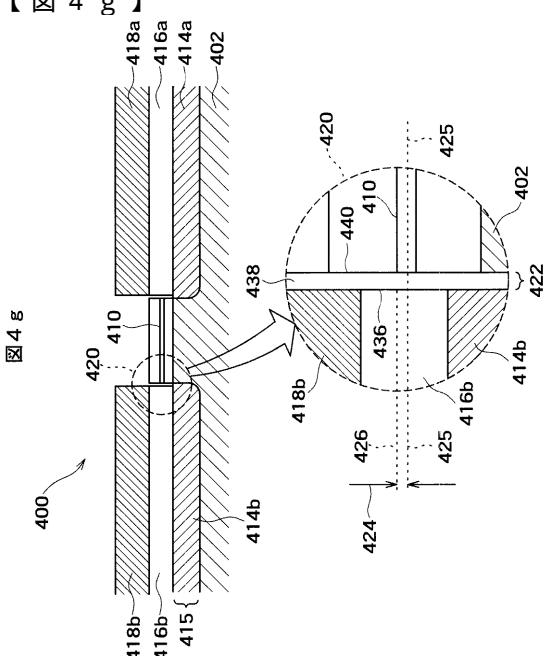
【図4 d】



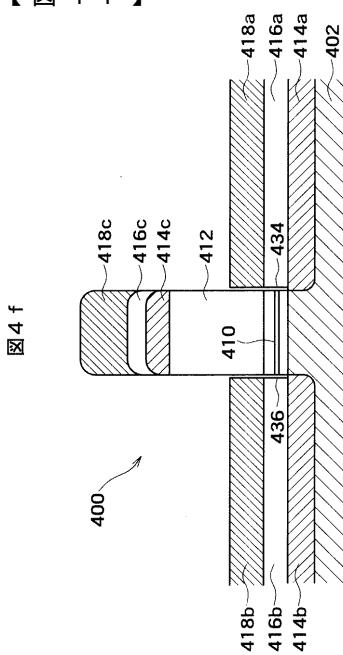
【図4e】



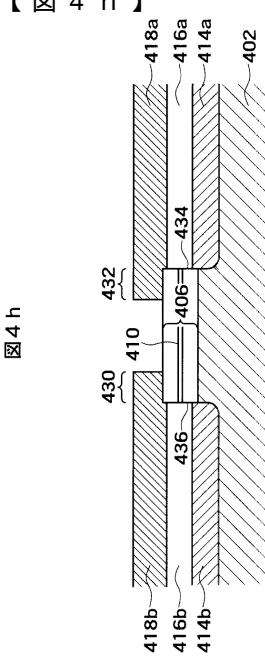
【図4g】



【図4f】

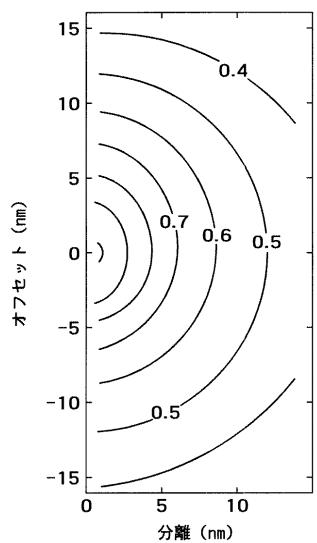


【図4h】



【図5】

図5



フロントページの続き

(72)発明者 ムスタファ・マイケル・ピナーバシ
アメリカ合衆国95037、カリフォルニア州、モーガンヒル、ビアソレントアベニュー 483
Fターム(参考) 2G017 AC09 AD54
5D034 BA04 BA12 BB12 CA04 CA08