

(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2007-172816

(P2007-172816A)

(43) 公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 5/31 (2006.01)	G 1 1 B 5/31 Q	5 D O 3 3
	G 1 1 B 5/31 C	
	G 1 1 B 5/31 D	

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2006-338683 (P2006-338683)
 (22) 出願日 平成18年12月15日 (2006.12.15)
 (31) 優先権主張番号 11/317917
 (32) 優先日 平成17年12月22日 (2005.12.22)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(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
 ネザーランドビービー
 オランダ国 アムステルダム 1076
 エイズィ パルナススーレン ロカテリ
 ケード 1
 (74) 代理人 110000350
 ポレル特許業務法人
 (72) 発明者 アマンダ・ベア
 アメリカ合衆国95008、カリフォルニア州、
 キャンベル、ユニオン アヴェニュー
 355C

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッド及びサイドシールドの作製方法

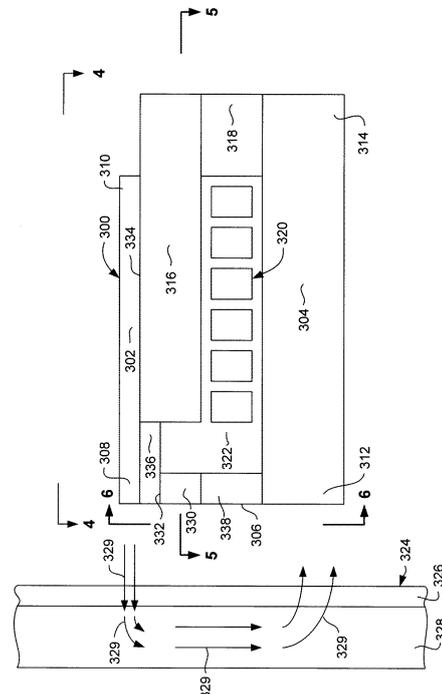
(57) 【要約】

【課題】 書き込みコイル、整形層、戻り磁極からなどの、外来磁界からの磁気遮蔽を提供する新規なシールド構造を有する垂直磁気記録システムで使用される磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 シールド構造330は、整形層316の下側表面または前縁表面とほぼ同一平面である、下側表面または前縁表面を有するように作成される。シールド構造330の全てまたは一部は整形層316ほど厚くないので、整形層316と同じ高さまでは(後縁方向に)延びない上面を有する。シールド330を整形層316よりも低い高さまでしか延びないようにすることで、書き込み磁極302からの漏れ磁束が低減されて、磁気性能が改善され、さらに、書き込み磁極302の製造中など、製造の利点も提供される。製造の利点は、書き込み磁極302のイオンリングの間、例えばアルミナの保護層でシールド330が覆われるようにする利点を包含する。

【選択図】 図3

図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

垂直磁気記録用の磁気書込みヘッドであって、
戻り磁極と、
前記戻り磁極に磁氣的に接続された整形層と、
前記整形層に磁氣的に接続された書込み磁極と、
前記整形層と前記戻り磁極の間を一部が通る導電性のコイルと、
磁気シールドとを備え、
前記整形層が、前記シールドの第 1 の表面と同一平面である第 1 の表面を有し、かつ前記整形層が前記シールドの少なくとも一部よりも厚い書込みヘッド。

10

【請求項 2】

前記シールドが、前記第 1 の表面と対向する第 2 の表面を有し、前記シールドの前記第 2 の表面と接触する非磁性体の層をさらに備える請求項 1 に記載の書込みヘッド。

【請求項 3】

前記シールドが、前記第 1 の表面と対向する第 2 の表面を有し、前記シールドの前記第 2 の表面を覆うアルミナの層をさらに備える請求項 1 に記載の書込みヘッド。

【請求項 4】

前記戻り磁極と前記整形層の間に配置され、かつそれらを磁氣的に接続する磁気バックギャップをさらに備える請求項 1 に記載の磁気書込みヘッド。

【請求項 5】

前記書込みヘッドが空気軸受面を有し、前記書込みヘッドが、前記空気軸受面に配置され、かつ前記戻り磁極および前記シールドの両方と接触する磁気台座をさらに備える請求項 1 に記載の磁気書込みヘッド。

20

【請求項 6】

垂直磁気記録用の、空気軸受面 A B S を有する磁気書込みヘッドであって、
磁気戻り磁極と、
前記戻り磁極と磁氣的に接続され、かつ前記 A B S から離れて配置された磁気バックギャップと、
前記バックギャップと磁氣的に接続され、前記 A B S に向かって、ただし前記 A B S まで達しない程度延びる磁気整形層であって、第 1 の厚さで分離された前縁表面および後縁表面を有する磁気整形層と、
前記整形層と磁氣的に接続され、前記 A B S まで延びる書込み磁極と、
前記 A B S の近傍に配置され、前記 A B S まで延びる第 1 および第 2 の磁気シールドであって、それぞれ、第 2 の厚さで分離された前縁表面および後縁表面を有する磁気シールドとを備え、
前記磁気シールドそれぞれの前記前縁表面が、前記整形層の前記前縁表面と同一平面であり、
前記第 1 の厚さが前記第 2 の厚さよりも大きい書込みヘッド。

30

【請求項 7】

前記第 1 の厚さが前記第 2 の厚さよりも $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ 大きい請求項 6 に記載の書込みヘッド。

40

【請求項 8】

前記第 1 および第 2 のシールドそれぞれの前記後縁表面が非磁性体で覆われている請求項 6 に記載の書込みヘッド。

【請求項 9】

前記第 1 および第 2 のシールドそれぞれの前記後縁表面が、 $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の厚さを有する非磁性体で覆われている請求項 6 に記載の書込みヘッド。

【請求項 10】

前記第 1 および第 2 のシールドそれぞれの前記後縁表面が、前記整形層の前記後縁表面と同一平面の後縁表面を有する非磁性体の層で覆われている請求項 6 に記載の書込みヘッ

50

ド。

【請求項 1 1】

前記第 1 および第 2 のシールドそれぞれの前記後縁表面が、前記第 1 の厚さと前記第 2 の厚さの差とほぼ等しい厚さを有するアルミナの層で覆われている請求項 6 に記載の書込みヘッド。

【請求項 1 2】

垂直磁気記録用の書込みヘッドの製造方法であって、
 基板を提供する工程と、
 前記基板上に導電性のシード層を蒸着する工程と、
 前記導電性のシード層の上に、反応性イオンエッチングで除去可能な材料（R I E が可能な材料）の層を蒸着する工程と、
 前記 R I E が可能な材料の層の上に、第 1 の範囲を覆い、かつ第 2 の範囲を覆われないままで残す第 1 のマスクを形成する工程と、
 第 1 の反応性イオンエッチング（第 1 の R I E）を行って、前記マスクで覆われていない前記 R I E が可能な材料の層の部分を除去する工程と、
 前記第 1 のマスクを除去する工程と、
 前記 R I E が可能な層と前記シード層の上に、前記第 2 の範囲の上に配置される、整形層範囲を画定する第 1 の開口部と、前記第 1 の範囲の上に少なくとも一部が配置される、シールド範囲を画定する第 2 の開口部とを有する第 2 のマスクを形成する工程と、
 磁性材料の第 1 の電気めっきを行って磁性材料を蒸着する工程と、
 第 2 の反応性イオンエッチング（第 2 の R I E）を行って、前記第 2 のマスクの前記第 2 の開口部内に配置された残りの R I E が可能な材料を除去する工程と、
 磁性材料の第 2 の電気めっきを行う工程とを含む方法。

【請求項 1 3】

前記第 2 のマスクが、前記第 1 の範囲の上に配置された、第 2 のシールドを画定する第 3 の開口部をさらに備える請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記 R I E が可能な材料が、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 SiO_xN_y 、 Ta_2O_5 または DLC を含む請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記 R I E が可能な材料が SiO_2 を含み、前記第 1 および第 2 の反応性イオンエッチングプロセスがフッ素を含む雰囲気中で行われる請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記 R I E が可能な材料が SiO_2 を含み、前記第 1 および第 2 の反応性イオンエッチングプロセスが CHF_3 を含む雰囲気中で行われる請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記 R I E が可能な材料が SiO_2 を含み、前記第 1 および第 2 の反応性イオンエッチングプロセスが CF_4 を含む雰囲気中で行われる請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記 R I E が可能な材料が SiO_2 を含み、前記第 1 および第 2 の反応性イオンエッチングプロセスが CF_4 および CHF_3 を含む雰囲気中で行われる請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記第 1 および第 2 のマスク構造のそれぞれが、フォトレジスト材料を蒸着し、前記蒸着されたフォトレジスト材料をフォトリソグラフィでパターニングすることによって作成される請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記シールドの前記第 1 の表面が前記シールドと前記台座の間の境界面を画定する請求項 5 に記載の磁気書込みヘッド。

【請求項 2 1】

10

20

30

40

50

前記整形層が前記シールド全体よりも厚い請求項 1 に記載の磁気書込みヘッド。

【請求項 2 2】

前記シールドが、薄い第 1 の部分および厚い第 2 の部分を包含し、前記整形層が、前記第 1 の部分の厚さよりも大きい前記第 2 部分の厚さと等しい厚さを有する請求項 1 に記載の磁気書込みヘッド。

【請求項 2 3】

請求項 1 に記載の磁気書込みヘッドであって、

前記整形層が、第 1 の表面および前記第 1 の表面に対向する第 2 の表面を有し、前記第 1 および第 2 の表面の距離が整形層厚さを画定し、

前記シールドが、前記整形層の前記第 1 の表面と同一平面である第 3 の表面を有し、

10

前記シールドが、前記第 3 の表面に対向する第 4 の表面を有するより厚い領域を有し、前記第 4 の表面が前記整形層の前記第 2 の表面と同一平面であり、

前記シールドが、前記第 3 の表面に対向する第 5 の表面を有するより薄い領域を有し、前記第 3 の表面と第 5 の表面との距離が前記整形層厚さよりも小さい厚さを画定する磁気書込みヘッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、垂直磁気記録のための磁気書込みヘッドに関し、より具体的には、書込みヘッドの他の構成要素に対する損傷を回避する磁気シールドの製造方法のための新規な方法

20

に関する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータの長期記憶の中心となるのは、磁気ディスクドライブと称されるアセンブリである。磁気ディスクドライブは、回転する磁気ディスク、回転する磁気ディスクの表面に隣接するサスペンションアームによって吊り下げられる書込みおよび読取りヘッド、ならびにサスペンションアームを揺動して、回転するディスクの選択された円形トラック上に読取りヘッドおよび書込みヘッドを配置するアクチュエータを包含する。読取りヘッドおよび書込みヘッドは、空気軸受面 (ABS) を有するスライダ上に直接位置付けられる。サスペンションアームは、ディスク表面に向けてスライダを付勢し、また、ディスク

30

【0003】

が回転すると、ディスクに隣接する空気はディスク表面と共に移動する。スライダは、この動いている空気を緩衝にしてディスク表面の上で浮揚する。スライダが空気軸受に乗っている時に、書込みヘッドおよび読取りヘッドは、回転するディスクに磁気転移を書込み、またそこから磁気転移を読出すのに使用される。読取りヘッドおよび書込みヘッドは、書込み機能および読取り機能を実施するコンピュータプログラムにしたがって動作する処理回路群に接続される。

40

【0004】

書込みヘッドは、従来、第 1、第 2 および第 3 絶縁膜 (絶縁スタック) に埋め込まれたコイル層を包含し、絶縁スタックは、第 1 および第 2 の磁極片層の間に挟まれる。ギャップは、書込みヘッドの空気軸受面 (ABS) で、ギャップ層によって第 1 および第 2 の磁極片層の間に形成され、これらの磁極片層はバックギャップで接続される。コイル層に導通された電流は、上述の回転するディスク上の円形トラックなどの、動いている媒体上のトラックに上述の磁気転移を書込む目的で、磁極片中の磁束を誘導して、書込みギャップにおける磁界を ABS でフリッジさせる。

50

空気軸受面 (ABS) に垂直にピン止めされ、自由層の磁気モーメントはABSと平行に位置付けられるが、外部磁界に応じて自由に回転する。固着層の磁化は、典型的には、反強磁性層との交換結合によってピン止めされる。

【0005】

スペーサ層の厚さは、センサを通る伝導電子の平均自由行程よりも小さくなるように選択される。この構成により、スペーサ層と固着層および自由層それぞれとの界面近くで、伝導電子の一部が散乱される。固着層および自由層の磁化が互いに対して平行の場合、散乱は最小であり、また、固着層および自由層の磁化が反平行の場合、散乱は最大限にされる。が固着層および自由層の磁化間の角度のとき、散乱の変化によって、スピバルブセンサの抵抗は \cos に比例して変化する。読取りモードでは、スピバルブセンサの抵抗は、回転するディスクからの磁界の大きさに比例して変わる。感知電流がスピバルブセンサを介して導通される場合、抵抗の変化によって、再生信号として検知され処理される電位の変化が生じる。

10

【0006】

スピバルブセンサが単一の固着層を使用する場合、シングルスピバルブと称される。スピバルブが反平行 (AP) 固着層を使用する場合、AP固着スピバルブと称される。APスピバルブは、Ruなどの薄い非磁性結合層によって分離された第1および第2の磁性層を包含する。スペーサ層の厚さは、固着層の強磁性層の磁気モーメントを反平行結合するように選択される。スピバルブは、固着層が頂部にある (自由層の後に形成される) か底部にある (自由層の前に形成される) かによって、トップ型またはボトム型スピバルブとしても知られている。

20

【0007】

スピバルブセンサは、第1および第2の非磁性の電気絶縁性読取りギャップ層の間に配置され、また、第1および第2の読取りギャップ層は、強磁性の第1および第2のシールド層の間に配置される。マージ型磁気ヘッドにおいて、単一の強磁性層は、読取りヘッドの第2のシールド層として、また書込みヘッドの第1の磁極片層として機能する。ピギーバックヘッドでは、第2のシールド層および第1の磁極片層は別個の層である。

【0008】

固着層の磁化は、通常、強磁性層の1つ (AP1) とPtMnなどの反強磁性材料の層との交換結合によって固定される。PtMnなどの反強磁性 (AFM) 材料は、本質的にかつ自然には磁化を持たないが、磁性材料と交換結合された場合、強磁性層の磁化を強力に固定することができる。

30

【0009】

改善されたデータ転送速度およびデータ容量に対する増大し続ける要求を満たすために、研究者は、近年、垂直記録システムの開発に主力を注いでいる。上述の書込みヘッドを組み込んだものなどの、従来の長手記録システムは、磁気ディスク表面のトラックに沿って長手方向に配向された磁気ビットとして、データを格納する。この長手方向のデータビットは、書込みギャップによって分離された一対の磁極間に生じる漏れ磁場によって記録される。

【0010】

対照的に、垂直記録システムは、磁気ディスク面に対して垂直に配向された磁気転移としてデータを記録する。磁気ディスクは、薄い硬磁性最上層によって被覆される軟磁性下地層を有する。垂直書込みヘッドは、非常に小さな横断面をもつ書込み磁極と、より大きな横断面をもつ戻り磁極とを有する。非常に集束した強い磁界は、書込み磁極から磁気ディスク表面に垂直な方向で放射して、硬磁性最上層を磁化する。得られる磁束は次に軟磁性下地層を通過し、磁束が、戻り磁極へ戻る途中で硬磁性最上層を通過する際に、書込み磁極によって記録された信号を消去しない程度十分に散乱して弱い場合には、戻り磁極に戻る。

40

【0011】

垂直磁気記録システムの結果として生じた1つの問題は、磁気媒体が漂遊磁界に特に弱

50

いことである。理想的には、媒体が捕捉する磁界はすべて書込み磁極からのものであり、結果得られる磁束は次に、軟磁性の下地層を通過して戻り磁極に戻る。しかし実際には、軟磁性の下地層は磁界に非常に敏感なので、書込みコイルからの磁界により、また整形層から媒体に直接届く磁界により影響を受ける。整形層は、磁束を書込み磁極に運ぶ磁気構造である。垂直磁気記録設計では、コイルと整形層からのこれらの磁界は、戻り磁極および/またはシールドの角部に集中した大量の磁束を生成することがわかっている。書込みヘッドが高い書込み電流で操作される場合、これらの角部の下の磁界は高く、潜在的にデータ消去を引き起こす場合がある。外部磁界がある状態で書込みが行われると、状況は悪化する。

【0012】

この問題は、書込みコイルおよび整形層をABSから離すことで改善できる可能性があるが、適度な書込み電流で書込み磁極から強い書込み磁界を生成するのが困難になるため、書込みヘッド効率の損失が引き起こされる。コイルおよび整形層からの磁気信号消去の問題を克服する1つの試みは、戻り磁極から書込み磁極に向かって延びるシールドを提供することであった。そのような設計は、「戻り磁極の下の磁界が低減されかつ渦電流損失が最小限の垂直磁気記録ヘッド (PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING HEAD HAVING A REDUCED FIELD UNDER THE RETURN POLE AND MINIMAL EDDY CURRENT LOSSES)」という名称の特許文献1に記載されている。

10

【0013】

【特許文献1】米国特許出願公開第2003/0227714号明細書

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

上記の特許出願に記載された設計は、そうした不要な磁界の影響を減少させる助けとなるが、軟磁性の下地層は非常に敏感なので、媒体の特性と外部場の強さによっては、信号消去がやはり生じる恐れがあることがわかっている。

したがって、書込みコイルおよび整形層からのものなど、不要な磁界の結果として生じる信号消去の問題を克服する、垂直ライタの設計に対する強い必要性がある。そのような設計は、書込み磁界の損失も引き起こさないことが好ましく、また、書込み磁極の形成に悪影響を及ぼさないプロセスによって製造される。そのような設計はさらに、コイルおよび整形層を、優れた磁気ライタ性能を提供するように十分に、ABSの近くに位置付けることができるとともに、なおかつデータ消去を回避するのが好ましい。

30

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明は、書込みコイル、戻り磁極、または整形層などの書込みヘッドの部分からの外来磁界による、偶発的なデータの消去からの優れた保護を提供する、新規なシールド構造を有する垂直磁気記録のための磁気書込みヘッドを提供する。書込みヘッドは、磁気戻り磁極、および戻り磁極と磁氣的に接続された磁気整形層を包含する。磁気書込み磁極は、整形層と磁氣的に接続され、空気軸受面 (ABS) まで延びる。

【0016】

書込みヘッドは、一对の磁気シールドまたは磁束キャッチャーも包含する。これらのシールドは、整形層の底面すなわち前縁表面と同一平面の底面 (前縁表面) を有する。しかしながら、シールドは整形層よりも薄いので、それらの頂面すなわち後縁表面は、整形層の後縁表面ほど遠くまでは後縁方向に (すなわち、書込み磁極の方へ) 延びない。シールドが整形層ほど遠くまでは後縁方向に延びないので、シールドの後縁は、アルミナなどの非磁性体の層で覆われ得る。この非磁性層は、後に続く書込み磁極の作成の間、シールドを保護する。

40

【0017】

シールドが整形層ほど遠くまでは後縁方向に延びない (すなわち、整形層ほど厚くない) ので、シールドと書込み磁極の間に小さな所望の付加的な間隙が設けられる。これによ

50

り、書込み磁極からシールドへの漏磁束が防止され、磁気性能が改善される。

【0018】

シールドおよび整形層は、少なくとも2つのプロセスで作成することができる。例えば、シールド（磁束キャッチャー）と整形層の位置合わせが積極的でない場合、シールドと整形層を、別個のフォトリソグラフィ工程およびめっき工程を用いてめっきすることができる。最初に、 $Ni_{80}Fe_{20}$ などの磁気シード層を蒸着することができる。次に、第1のフォトリソグラフィを行って、（例えば）整形層を画定するためのフォトレジストマスクをパターンニングする。その後、磁性材料を蒸着して、例えば整形層をめっきする。この第1のマスクを剥離し、第2のフォトリソグラフィ工程を行って、例えばシールド（磁束キャッチャー）を画定するためのフォトレジストマスクをパターンニングする。その後、磁性材料をめっきして所望の厚さ（第1のめっきした磁性体層の厚さとは異なる）にし、第2のマスクを剥離し、反応性イオンエッチング（RIE）などによってシード層を除去する。磁束ガイドを最初にめっきした場合には、第2のめっきは第1のめっきよりも薄い厚さにされる。その後、非磁性体の層を蒸着し、磁束ガイドが露出されるまで化学的機械的研磨（CMP）を施す。

10

【0019】

シールド（磁束キャッチャー）と整形層の間の利用可能な空間が非常に小さい場合など、それらの位置合わせがより積極的な場合、別の方法を使用することができる。この方法は、最初に基板上に導電性のシード層を蒸着する工程を包含することができる。その後、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 SiO_xN_y 、 Ta_2O_5 、またはDLGなどのRIEが可能な材料の層を、シード層の上に蒸着することができる。RIEが可能な材料は、さらに、電気絶縁性の材料であるべきである。

20

【0020】

その後、フォトレジストマスクなどの第1のマスクを、RIEが可能な層の上に形成することができるので、第1のマスクは第1の範囲を覆い、第2の範囲は覆われないままにされる。その後、第1の反応性イオンエッチング（第1のRIE）を行って、第1のマスクで覆われていない第2の範囲にあるRIEが可能な材料を除去することができる。その後、第1のマスクを除去することができ、また、第2のマスクを形成することができる。第2のマスクは、（RIEが可能な材料が除去された）第2の範囲の上に蒸着された第1の開口部と、（RIEが可能な材料が残っている）第1の範囲の上に少なくとも一部が蒸着された第2の開口部とを有する。第1の開口部は整形層を画定し、第2の開口部はシールド構造を画定する。第1の電気メッキプロセスでは、磁性材料は第1の開口部内に蒸着される。第2の開口部の底部には電気絶縁性のRIEが可能な材料が残っているので、磁性材料は、この時点では第2の開口部の所望の部分にめっきされない。

30

【0021】

第2のマスクは、第1のめっきの後そのまま残しておくことができ、また、第2のRIEを行って、第2の開口部の底部に残っているRIEが可能な材料を除去し、それによって導電性のシード層を露出させることができる。その後、第2の電気めっきプロセスを行って、第2の開口部の中に磁性材料をめっきすることができる。第1の開口部には、既にいくらか磁性材料が蒸着されているので、第1の開口部によって画定された整形層は、第2の開口部によって画定されたシールドよりも厚くなる。この方法により、共通のマスクを用いて整形層とともにシールド（または複数のシールド）を画定することができ、同時に、整形層とシールドの少なくとも一部とを、異なる厚さにめっきすることができる。両方の構造を同じマスク構造によって画定できることにより、複数のフォトリソグラフィプロセスにおいて複数のマスクを位置合わせする必要がなくなる。したがって、シールドおよび整形層を、優れた精度かつ互いに対する配置で画定することができる。

40

【0022】

本発明のこれらおよび他の特徴および利点は、以下の発明を実施するための最良の形態を図面と併せ読むことで明らかになると考えられ、図面において、同様の参照番号は全体を通して同様の要素を示す。

50

本発明の本質および利点、ならびに好ましい使用形態に対するより十分な理解のため、以下の詳細な説明を添付図面と併せて参照されたい。ただし、図面は縮尺によらない。

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、垂直磁気記録ヘッド用サイドシールドを、書込み磁界の損失を引き起こさず、書込み磁極の形成に悪影響を及ぼすことなく製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下の説明は、本発明を実施するために現在考慮される最良の実施形態である。この記載は、本発明の一般的な原理を例証する目的でなされるものであり、本発明で請求する発明概念を制限することを意図しない。

【0025】

ここで図1を参照すると、本発明を具体化するディスクドライブ100が示される。図1に示すように、少なくとも1つの回転可能な磁気ディスク112はスピンドル114上で支持され、ディスクドライブモータ118によって回転される。各ディスク上への磁気記録は、磁気ディスク112上における同心のデータトラック(図示なし)の環状パターンの形状をとる。

少なくとも1つのスライダ113が磁気ディスク112の近くに位置付けられ、各スライダ113は1つまたは複数の磁気ヘッドアセンブリ121を支持する。磁気ディスクが回転すると、スライダ113はディスク表面122上で半径方向内向きまたは外向きに移動し、それにより、磁気ヘッドアセンブリ121が、所望のデータが書込まれる磁気ディスクの異なるトラックに接近する。各スライダ113は、サスペンション115を介してアクチュエータアーム119に取り付けられる。サスペンション115は、ディスク表面122に対してスライダ113を付勢する僅かなばね力を提供する。各アクチュエータアーム119はアクチュエータ手段127に取り付けられる。図1に示すようなアクチュエータ手段127は、ボイスコイルモータ(VCM)であってもよい。VCMは、固定の磁界内で移動可能なコイルを備え、コイルの移動方向および速度は、コントローラ129によって供給されるモータ電流信号によって制御される。

【0026】

ディスク記憶システムの動作中、磁気ディスク112の回転により、スライダ113とディスク表面122との間に、スライダに上向きの力または揚力を働かせる空気軸受が生成される。空気軸受は、したがってサスペンション115の僅かなばね力を平衡させて、通常動作の間、小さくかつ実質的に一定の間隔だけ、スライダ113をディスク表面から離してその僅かに上で支持する。

【0027】

ディスク記憶システムの様々な構成要素は、アクセス制御信号および内部クロック信号などの、コントローラ129で生成される制御信号によって、動作中制御される。典型的には、コントローラ129は論理制御回路、格納手段およびマイクロプロセッサを備える。コントローラ129は、駆動モータ制御信号などの様々なシステム操作を制御するための制御信号を電力線123上で、またヘッド位置信号およびシーク制御信号を電力線128上で生成する。電力線128上の制御信号は、スライダ113をディスク112上の所望のデータトラックに最適に移動させて位置付けるための、所望の電流プロファイルを提供する。書込みおよび読取り信号は、データ記録チャンネル125を介して書込みおよび読取りヘッド121間と通信される。

【0028】

図2を参照すると、スライダ113における磁気ヘッド121の配向を、より詳細に見ることができる。図2はスライダ113のABS図であり、また、図に見られるように、誘導的な書込みヘッドおよび読取りセンサを包含する磁気ヘッド121は、スライダ113の後縁に配置される。典型的な磁気ディスク記憶システムの上記の記載および付随する図1および2の例証は、例示目的のみのものである。ディスク記憶システムは多数のディ

10

20

30

40

50

スクおよびアクチュエータを含んでもよく、各アクチュエータは多数のスライダを支持してもよいことは明白であろう。

【0029】

図3を参照すると、本発明の一実施形態による磁気書込みヘッド300は、書込み磁極302および戻り磁極304を包含する。書込み磁極302および戻り磁極304は、それぞれ空気軸受面(ABS)306まで延びる。したがって、書込み磁極は、ABS端部308および後端部310を有する。同様に、戻り磁極は、ABS端部312および後端部314を有する。整形層316は、書込み磁極302と磁氣的に接続され、書込み磁極302に磁束を運ぶ。磁気台座またはバックギャップ層318は、ABS306から離れたバックギャップの位置で、整形層316を戻り磁極304と磁氣的に接続する。さらに、台座338が戻り磁極のABS端部に設けられて、書込み磁極の方に延びてもよい。整形層316、バックギャップ318、および戻り磁極304は、NiFeなどの磁性材料(好ましくは電気めっきを施すことができる材料)または他の何らかの磁性材料で作成することができる。書込み磁極302は、好ましくは、CoFeまたはNi₅₀Fe₅₀などの高磁気モーメントの飽和(高Bs_{at})材料で作成される。

10

【0030】

引き続き図3を参照すると、磁気書込みヘッドは、好ましくは複数の回旋を有する導電性の非磁性コイル320を包含し、その一部は、整形層316、書込み磁極302、および戻り磁極304の間で書込みヘッド300を貫通する。コイル320は、例えばCuで作成することができ、絶縁層322によって書込みヘッド300の磁気構造から電氣的に絶縁されており、その絶縁層322は、例えば、アルミナAl₂O₃、二酸化シリコンSiO₂、強焼成したフォトレジスト、または他の何らかの材料、もしくは材料の組み合わせの1つまたは複数の層であることができる。

20

【0031】

電流がコイル320を通過して導通されると、磁界が生成されて、磁束が戻り磁極304、バックギャップ318、整形層316、および書込み磁極302を通過して流れる。薄い硬磁性表面層326および軟磁性下地層328を有する隣接する磁気媒体324は、磁気回路を完成する。書込み磁極302から放射された磁界は、軟磁性下地層328を通過して戻り磁極312に戻る磁束329を、磁気媒体中に生成する。書込み磁極302からの磁界は強くかつ集中しており、また、媒体324の高モーメント表面層326を局所的に磁化する。軟磁性下地層328を通った後、磁束は戻り磁極304に戻り、そこで、書込み磁極302によって生成される信号を消去しない程度に十分に拡散されて弱まる。

30

【0032】

背景技術の項で上述したように、従来技術の書込みヘッド設計には、書込みコイル320および整形層316からのものなどの外部磁界が、特に外部漂遊磁界の存在下で、以前に記録された磁気データを消去してしまうのに十分な程度強いという問題があった。コイル320および整形層316をABS306から離すことでそうした問題が緩和されるが、それによって、ヘッドの性能の許容できない損失につながる。コイル320は、書込みヘッド302からの十分に強い書込み磁界を提供するように、ABS306に十分に近接して位置付けられなければならない。同様に、整形層316をABSから離すことにより、ABS端部308における書込み磁極302の十分な磁化が得られない。

40

【0033】

本発明は、書込みコイル320、整形層316、または戻り磁極304からのものなどの磁界が、磁気媒体324に到達するまたは影響するのを防ぐ、新規な磁気シールドまたは「磁束キャッチャー」設計330を提供する。図5Aおよび6Aを参照すると、磁束キャッチャー設計330は単一構造であってもよいことがわかるが、あるいは図5Bおよび6bに示すように、実際には一対のシールド616を包含してもよい。シールド330は、書込みコイル320および整形層316からの磁界を吸収し、そのような磁界を書込みヘッドの磁気構造に引き戻すので、磁界が磁気媒体に悪影響を及ぼさなくなる。図3、6A、および6Bからわかるように、シールド330は、戻り磁極と磁氣的に接続されてい

50

るシールドまたは台座構造 338 と磁氣的に接続される。台座 338 はそれ自体シールドとして作用し、媒体 324 を、コイル 320 または他の構造から放射される場合があるあらゆる外来磁界から磁氣的に遮蔽する。台座 338 は、さらに、磁束キャッチャーシールド 330 を戻り磁極に磁氣的に接続する役目を果たす。シールド 330 は書込み磁極 302 の直下に位置しないので、シールド 330 は、実際には、図 3 に示すように紙面から外に出ていることに留意されたい。このことは、以下により詳細に記載する図 4 および 5 を参照することで、さらに明らかになるであろう。シールド 330 ならびに台座 338 は、NiFe などの磁性材料で作成することができる。同様に、戻り磁極 304、バックギャップ 318、および整形層 316 は、NiFe または他の何らかの材料などの磁性材料で作成することができる。

10

【0034】

図 3 の線 4 - 4 で取った図である図 4 を参照すると、整形層 316 の上の書込み磁極 302 を示している。磁束キャッチャーシールド 330 は、図 4 の紙面に埋め込まれており、アルミナ 336 の保護層で覆われている。

【0035】

次に、図 3 の線 5 - 5 で取った断面図である図 5 A を参照すると、本発明の 1 つの可能な実施形態による、シールド 330 と整形層 316 の相対的な配向を示している。図からわかるように、シールド 330 は、ある最小距離だけ整形層 316 から分離されている。本実施形態のシールド 330 は、整形層の前面全体を横切って延びる単一のシールドとして形成される。本実施形態は、最大限の遮蔽が必要な場合に望ましいことがあるが、同時にシールド 330 と書込み磁極 302 の間に必要な最小限の間隔を提供する。

20

【0036】

図 6 A を参照すると、本発明の一実施形態では、シールド 330 が、比較的薄い中央部分 602 および比較的厚い外側部分 604 を包含することがわかる。より厚い外側部分 604 は、整形層 316 (図 5 A) の厚さと等しい厚さを有してもよく、また、整形層 316 (図 3) の上側 (または後縁) 表面 334 と同一平面の上側 (または後縁) 表面 606 を有していてもよい。シールド 330 は、外側部分 604 および内側の中央部分 602 の両方全体に延びる下側または前縁表面 610 を有する。この下側または前縁表面は、整形層 316 の下側または後縁表面と同一平面である。

【0037】

中央または内側部分 602 は、整形層 316 (図 3) の上側表面 334 よりも低い上側または後縁表面 614 を有する。換言すれば、シールド 330 の中央部分 602 の上側または後縁表面 614 は、整形層 316 (図 3) の上側または後縁表面 334 ほど遠くには後縁方向に延びない。シールド 330 の中央部分 602 をより薄くすることで、書込み磁極 302 とシールド 330 の中央部分 602 との間の所望の最小間隔を維持することが可能になる。非磁性保護層 336 は、シールド 330 の中央部分 602 を書込み磁極 302 から分離し、さらに、書込み磁極 302 の製造中、シールド 330 の中央部分 602 を保護する。

30

【0038】

記録システムの面密度を増加するために、書込みヘッドが非常に小さくされた場合、シールドと整形層の間の距離は非常に小さくなり、維持するのが困難になる。図 5 B および 6 B は、磁束キャッチャー 330 が一對の別個のシールド 616 を包含する、本発明の代替実施形態を示す。本実施形態によって、所望の最小間隔を維持することが容易になり、書込み磁極 302 から磁束キャッチャー 330 への磁束漏れを防ぐ保護が強化される。第 1 のシールド 616 および第 2 のシールド 616 は、それぞれ、整形層 316 (図 3) の下側または前縁表面と同一平面である下側または前縁表面を有する。シールド 616 はそれぞれ、整形層 316 の上側または後縁表面 334 ほど遠くには後縁方向に延びない上側表面を有する。これは、シールド 616 が整形層 316 (図 3) ほど厚くなく、さらに、書込み磁極 302 と同程度まで (後縁方向に) 延びないことを意味する。

40

【0039】

50

シールド330は、様々な構成を有することができ、また、図5Aおよび5Bに示すように、外側部分は曲がってABSから離れる(すなわち、整形層316へと向かう)ことができ、その際、各シールド330の外側部分は、ABS306の近くでより広い部分を有し、かつABSから窪んで狭くなっている。上述したように、シールド330と整形層316の間の距離は重要である。非常に小さな書込みヘッド300上の限定された利用可能な空間は、シールド330が整形層316に近接していることを必要とする。しかしながら、書込み磁束が整形層316からシールド330に漏れるのを防ぐために、ある特定の最小距離が維持されなければならない。

【0040】

シールド330を、そのすべてまたは一部が整形層316と同じ高さまで延びないように作成することは、いくつかの利点を備える。シールド330が所望の磁気遮蔽を提供することができるとともに、書込み磁極からの所望の増加した距離が維持されるので、磁気性能が改善される。シールド330をより低い高さに作成することで、磁束が、書込み磁極からシールド330に漏れるのが防止され、それによって、強い書込み磁界が確実に書込み磁極から放射される。好ましくは、図5Bおよび6Bに記載した実施形態では、シールド330は、整形層316の厚さよりも約0.5~1.0 μm 少ない厚さを有する。同様に、図5Aおよび6Aに記載した実施形態では、磁束キャッチャーシールド330の中央部分602は、好ましくは整形層316の厚さよりも0.5~1.0 μm 少ない厚さを有する。

10

【0041】

シールド330をより低い高さに作成することは、さらに製造中の利点を備える。以下により詳細に記載するように、書込み磁極302は、磁性材料、好ましくは非磁性材料の薄層で分離された磁性材料の積層体を蒸着することによって形成される。その後、この磁性体層は、マスキングされ、マスクで覆われていない磁性材料の部分を除去する一連のイオンミリング工程によってイオンミリングを施され、ABSから見て所望の台形形状を備えた書込み磁極を形成する。

20

【0042】

シールド330が整形層316と同じ高さに作成された場合、書込み磁極302のイオンミリングは必ずシールド330に達する。シールド330がそれから作成される磁性材料は、それを取り囲むアルミナ絶縁層よりもはるかに速くミリングで除去されるであろう。したがって、シールド330は、書込み磁極を形成するのに使用されるイオンミリングによって損傷されるであろう。さらに、シールド330をミリングで除去することで不均一な表面が生じ、それによって書込み磁極の画定の質が低下する。

30

【0043】

シールド330および整形層316は同一平面の底面を有しており、共通して蒸着されたシード層を用いて電気めっきを施すことにより形成できることがわかる。しかしながら、やはり図からわかるように、シールド330は整形層316ほど厚くはめっきされない。整形層316およびシールド330を異なる高さに形成する1つの方法は、2つの別個のフォトリソグラフィ工程およびめっき工程を使用することである。この方法では、導電性(好ましくは磁性)材料の共通のシード層が、アルミナ層などの表面に蒸着される。第1のフォトマスクは、第1の範囲、例えば整形層316を画定するように形成される。次に、磁性材料が第1の範囲内にめっきされる。その後、この第1のフォトマスクは剥離され、第2のフォトレジストマスクが形成されて、例えばシールド330などの第2の範囲を画定する。その後、磁性材料が第2の範囲内に、ただし第1の範囲内に蒸着されたのとは異なる厚さで電気めっきされる。当然ながら、どの要素が最初にめっきされるか(整形層316またはシールド330)の順序は逆にすることができ、要点は、それらが別個のフォトリソグラフィプロセスおよびめっきプロセスで形成されることである。シールド330および整形層316が形成された後、アルミナなどの非磁性体の層を蒸着し、化学的機械的研磨(CMP)を施して、アルミナの保護層をシールド330の上に残して整形層の頂部を開くことができる。

40

50

【0044】

この方法は、図5Aおよび6Aに記載されたものなどの構造を形成するのにも使用することができる。そのような構造を形成するため、第1のマスクは、整形層316と磁束キャッチャー330のより厚い外側部分604とを包含する第1の範囲を画定する。その後、第2のマスクが作成されて、第1の範囲（整形層316、および磁束キャッチャー330の外側部分604）ならびに磁束キャッチャー330のより薄い内側部分602の両方を包含する第2の範囲を画定する。磁束キャッチャー330の外側部分604および整形層316は2回めっきされ、内側部分602は1回だけめっきされるので、外側部分604および整形層316は同じ高さまでめっきされ、磁束キャッチャー330のより薄い中央部分602（第2のメッキプロセスで1回だけめっきされる）よりも厚くなる。

10

【0045】

図7~14を参照すると、単一のフォトリソグラフィによる位置合わせを用いて整形層316およびシールド330を作成する代替方法が示される。この方法は、複数のマスク構造を位置合わせする必要をなくすことにより、構造330、316の画定を改善する。特に図7を参照すると、導電性のシード層702が基板704の上に蒸着される。基板704は、アルミナなどの非磁性の電気絶縁性充填材料と台座338（図3）の一部との組み合わせであることができる。次に、 SiO_2 などの電気絶縁性のRIEが可能な材料の薄層706が、シード層702の上に蒸着される。

【0046】

その後、図8を参照すると、フォトレジストマスク802が形成される。マスク802は、シールド330がめっきされるべき範囲の少なくとも一部を覆い、整形層316が電気めっきされるべき範囲を覆われないままに残す。例えば、図5Aおよび5Bを参照して記載した構造を形成するため、マスク802は、整形層316が後で位置付けられる範囲を覆われないままに残すことができ、さらに、磁束キャッチャー330の外側部分604が後で設けられる範囲を覆われないままにし、内側部分602を覆っておくことができる。図5Bおよび6Bに示す構造を形成するため、第1のマスク802は、整形層316（図3）のみを覆われないままにし、磁束キャッチャー330（シールド616）の範囲を覆っておくことができる。

20

【0047】

マスク802は、整形層316と磁束キャッチャーシールド330（図5A、5B）の覆われた部分とが後でめっきされるところの間のある地点で終端する端部804を有する。その後、反応性イオンエッチング（RIE）806が行われて、マスク802で覆われていない電気絶縁層706の一部が除去される。使用されるRIEのタイプは、電気絶縁材料706を容易に除去するものを選択されるべきである。例えば、層706が SiO_2 の場合、RIEは、 CHF_3 および/または CF_4 などのフッ素ベースの雰囲気中で行うことができる。

30

【0048】

次に図9を参照すると、第2のフォトマスク902が作成される。フォトマスクは、フォトレジストなどの感光性材料を回転塗布し、次にそのフォトレジストをフォトリソグラフィでパターンニングすることによって作成される。マスク902は、整形層316および磁束キャッチャーシールド330（図5A、5B）が後で設けられる範囲を画定する、開口部904および906を有する。図からわかるように、残りの絶縁層706は、開口部の1つ904（他方の906ではなく）の中に配置される。シールド330のより薄い部分602が後でめっきされる（図5A、6Aの実施形態の場合）、または後述するようにシールド616が後で設けられる（図5B、6Bの実施形態の場合）開口部904内に、絶縁層706が配置される。

40

【0049】

次に図10を参照すると、NiFeなどの磁性材料1002が開口部906内に電気めっきされて、整形層316（および恐らくはシールド330の外側部分604）のめっきを開始することができる。図からわかるように、開口部904の領域内のシード層702

50

は依然として絶縁層 706 で覆われているので、磁性材料はこの開口部 904 内にはめつきされない。図 11 を参照すると、めっきが所望の量進んだ後、第 2 の反応性イオンエッチング 1102 が行われて、開口部 904 内から絶縁材料 706 が除去される。先の RIE 806 (図 8) と同様で、この RIE 1102 は、好ましくは、絶縁層 706 を容易に除去するようなやり方で行われる。例えば、絶縁層 706 が SiO_2 の場合、RIE は、 CHF_3 および / または CF_4 を含むものなど、フッ素ベースの雰囲気中で行うことができる。

【0050】

次に図 12 を参照すると、磁性材料 1002 のさらなる電気めっきを行うことができる。この時、両方の開口部 904 および 906 から絶縁材料 706 を除去するとともに、磁性材料 1002 が両方の開口部 904 および 906 内に電気めつきされる。しかしながら、ある程度の磁性材料 1002 が開口部 906 内に既にめつきされているので、この開口部は先にめっきが進み、他の開口部 904 内の材料 1002 よりも厚いままになる。材料 1002 が所望の厚さに達すると、めっきは終了され、シールド 330 よりも大幅に厚い整形層 316 が得られる。

10

【0051】

図 13 を参照すると、その後、残りのフォトリソグラフィを除去する(剥離する)ことができ、アルミナ 1302 または他の何らかの非磁性体の層を蒸着することができる。図 14 を参照すると、化学的機械的研磨プロセス(CMP)を行って、アルミナを平坦化し、かつ整形層 316 を露出させることができ、それによって、アルミナ 1302 および整形層 316 全体にわたって同一平面の平滑な表面が得られる。

20

上述した方法により、書込み磁極 302 がその上に形成される平滑なトポグラフィが得られる。

【0052】

図 15 ~ 18 は、書込み磁極の構造を示す A B S 図である。図 15 を参照すると、磁気書込み磁極材料 1502 が基板 1504 上に蒸着される。この書込み磁極材料 1502 は、非磁性体の薄層で分離された磁性材料の積層体を包含してもよい。図 16 を参照すると、次にマスク 1602 が形成される。マスクは、アルミナなどの 1 つまたは複数の硬質マスク 1604、DURIMIDE (登録商標) などの画像転写層 1606、およびフォトリソグラフィマスク 1608 を包含してもよい。

30

【0053】

図 17 を参照すると、ほぼ直角(垂直)の配向で第 1 のイオンミリング 1702 が行われて、書込み磁極の側面を画定する。図 18 を参照すると、その後、第 2 の角度を付けたイオンミリングを行って、磁性材料 1502 の側面に斜角を形成することができ、それによって所望の台形状を有する書込み磁極 302 が得られる。

【0054】

様々な実施形態を上記に記載してきたが、それらは例証としてのみ示されているものであり、制限を目的とするものではないことを理解すべきである。本発明の範囲内にある他の実施形態もまた、当業者には明白になるであろう。例えば、本発明を、垂直磁気記録システムに組み込まれるものとして、またそうしたシステムで用いるのに特に好適であろうものとして記載してきたが、本発明は、水平磁気記録システムなどの任意の磁気記録システムで実施されてもよい。したがって、本発明の広がりおよび範囲は、上述の代表的実施形態のいずれによっても制限されるべきではなく、請求項およびそれらの均等物のみにしたがって定義されるべきである。

40

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図 1】本発明が実施されてもよいディスクドライブシステムの概略図である。

【図 2】図 1 の線 2 - 2 で取った、その上にある磁気ヘッドの位置を示すスライダの A B S 図である。

【図 3】図 2 の線 3 - 3 で取った、かつ反時計方向に 90° 回転した、本発明の一実施形

50

態による磁気書込みヘッドの断面図である。

【図 4】図 3 の線 4 - 4 で取った図である。

【図 5 A】図 3 の線 5 - 5 で取った図である。

【図 5 B】図 3 の上面図である。

【図 6 A】図 3 の線 6 - 6 で取った A B S 図である。

【図 6 B】本発明の代替実施形態の A B S 図である。

【図 7】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 8】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 9】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 10】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 11】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 12】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 13】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 14】整形層と磁気シールドを製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 15】書込みヘッドの書込み磁極を製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 16】書込みヘッドの書込み磁極を製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 17】書込みヘッドの書込み磁極を製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【図 18】書込みヘッドの書込み磁極を製造する方法を例証する、製造の中間段階で示される書込みヘッドの一部の断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 5 6 】

1 0 0 ... ディスクドライブ、

1 1 2 ... 磁気ディスク、

1 1 3 ... スライダ、

1 1 4 ... スピンドル、

1 1 5 ... サスペンション、

1 1 8 ... ディスクドライブモータ、

1 1 9 ... アクチュエータアーム、

1 2 1 ... 磁気ヘッドアセンブリ

1 2 2 ... ディスク表面、

1 2 3、1 2 8 ... 電力線、

1 2 5 ... データ記録チャンネル

1 2 7 ... アクチュエータ手段、

1 2 9 ... コントローラ、

3 0 0 ... 磁気書込みヘッド、

3 0 2 ... 書込み磁極、

3 0 4 ... 戻り磁極、

3 0 6 ... 空気軸受面 (A B S)、

3 1 6 ... 整形層、

10

20

30

40

50

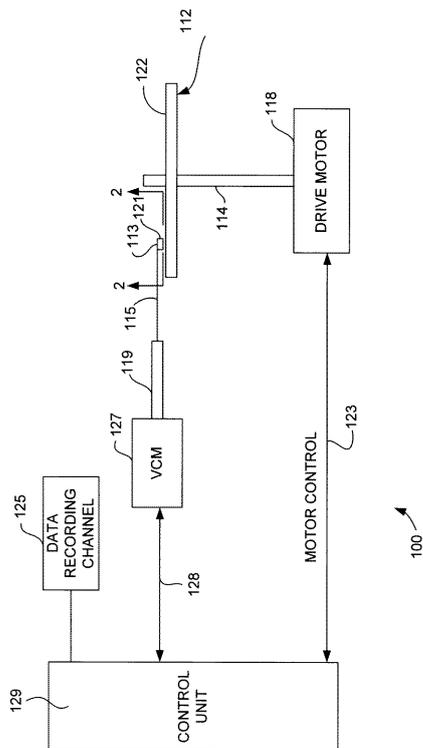
- 3 1 8 ... バックギャップ層、
- 3 2 0 ... 非磁性コイル、
- 3 2 2 ... 絶縁層、
- 3 2 4 ... 磁気媒体、
- 3 2 6 ... 硬磁性表面層、
- 3 2 8 ... 軟磁性下地層、
- 3 2 9 ... 磁束、
- 3 3 0 ... シールド、
- 3 3 8 ... 台座、
- 3 3 6、 1 3 0 2 ... アルミナ、
- 6 0 2 ... 中央部分、
- 6 0 4 ... 外側部分、
- 7 0 2 ... シード層
- 7 0 4、 1 5 0 4 ... 基板、
- 7 0 6 ... 電気絶縁性薄層、
- 8 0 2 ... フォトレジストマスク、
- 9 0 2 ... フォトマスク、
- 9 0 4、 9 0 6 ... 開口部、
- 1 0 0 2 ... 磁性材料、
- 1 5 0 2 ... 磁気書込み磁極材料、
- 1 6 0 2 ... マスク、
- 1 6 0 4 ... 硬質マスク、
- 1 6 0 6 ... 画像転写層。

10

20

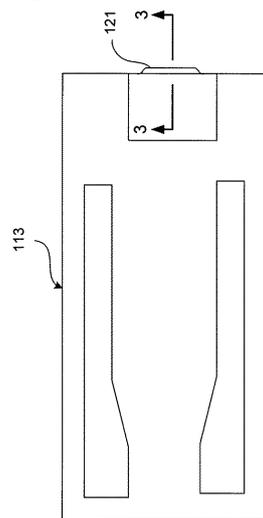
【 図 1 】

図 1



【 図 2 】

図 2



【 図 3 】

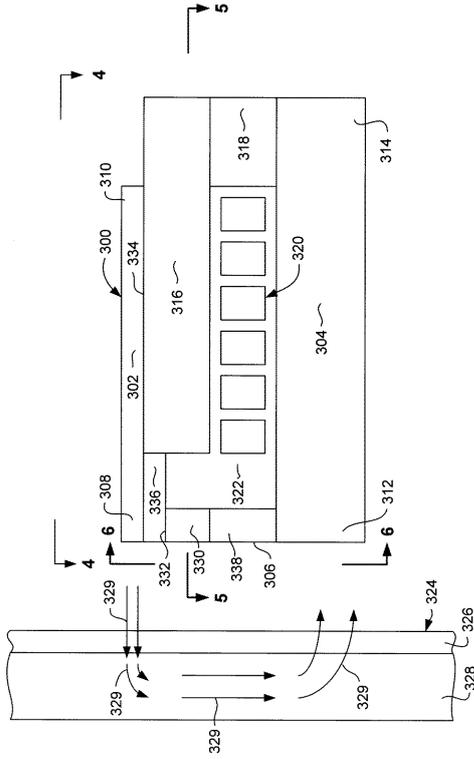


図 3

【 図 4 】

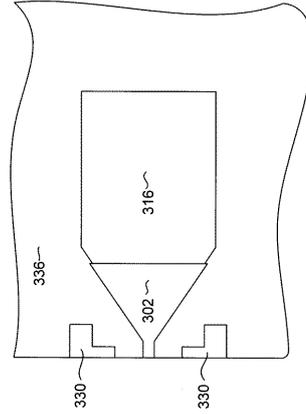


図 4

【 図 5 A 】

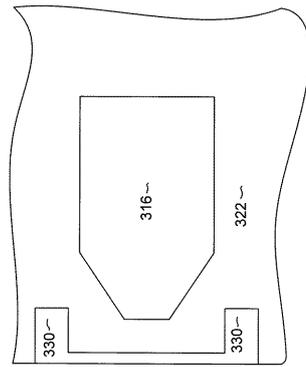


図 5 A

【 図 5 B 】

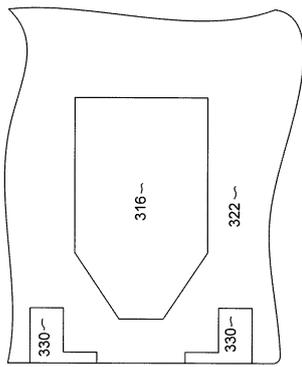


図 5 B

【 図 6 A 】

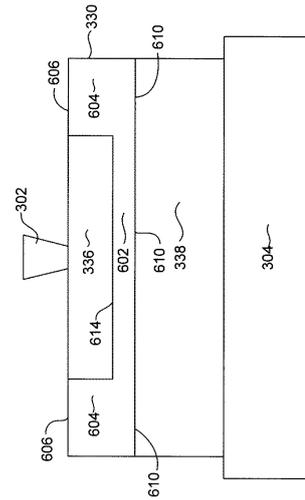
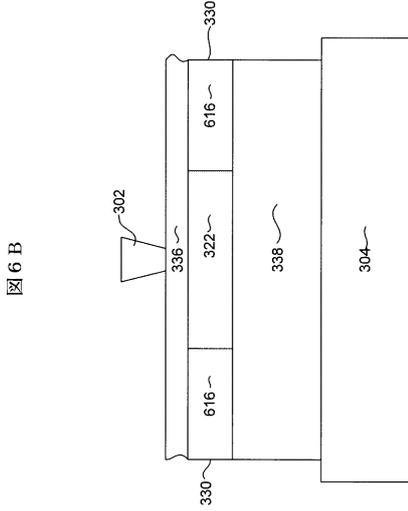
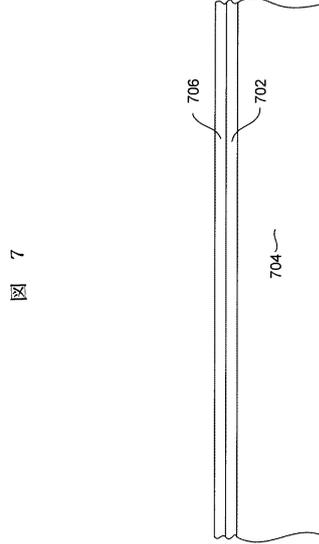


図 6 A

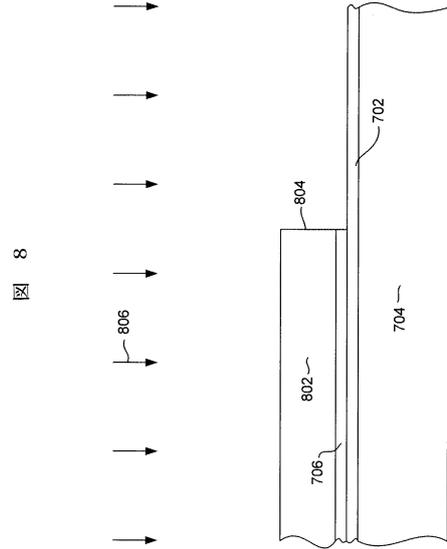
【 図 6 B 】



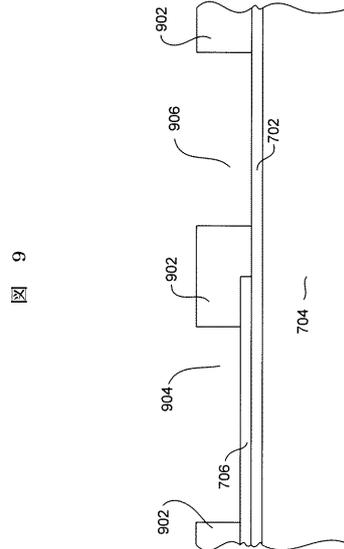
【 図 7 】



【 図 8 】

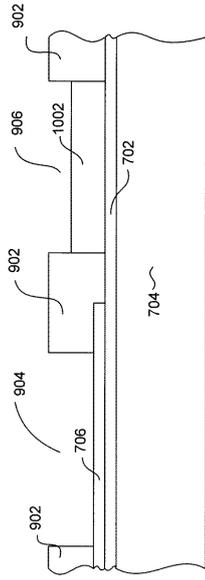


【 図 9 】



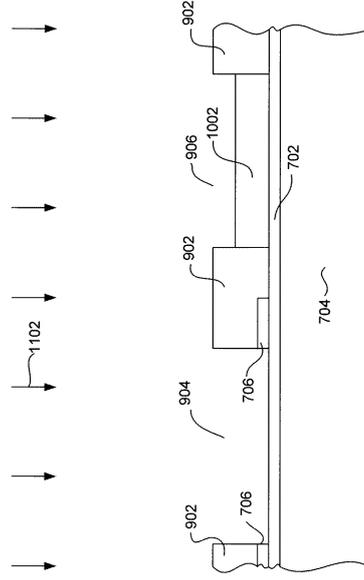
【 図 1 0 】

図 1 0



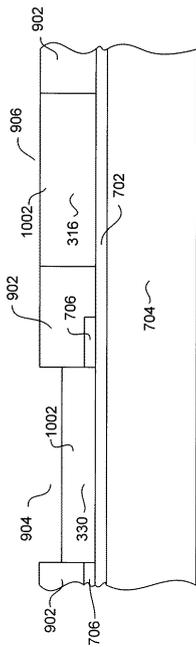
【 図 1 1 】

図 1 1



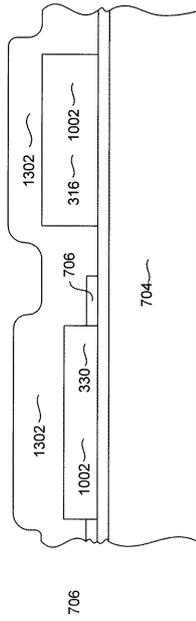
【 図 1 2 】

図 1 2



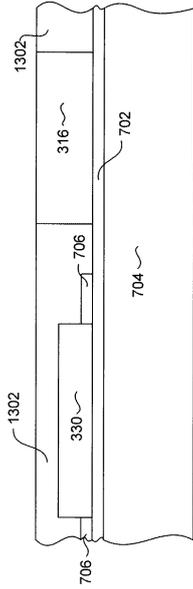
【 図 1 3 】

図 1 3



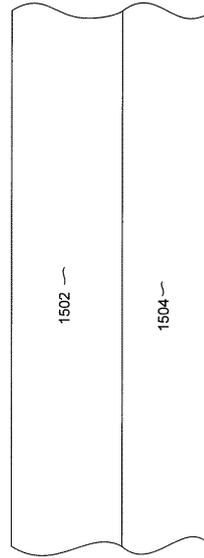
【 図 1 4 】

図 1 4



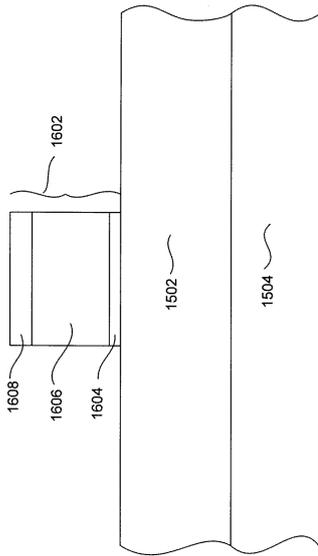
【 図 1 5 】

図 1 5



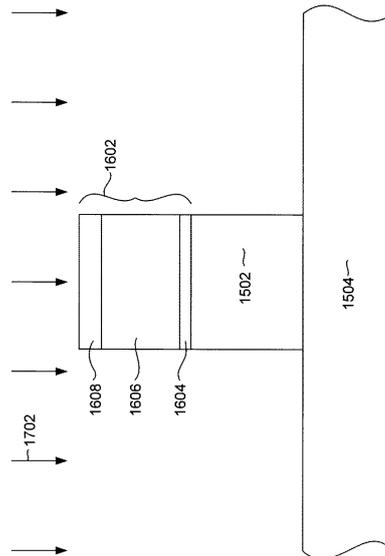
【 図 1 6 】

図 1 6



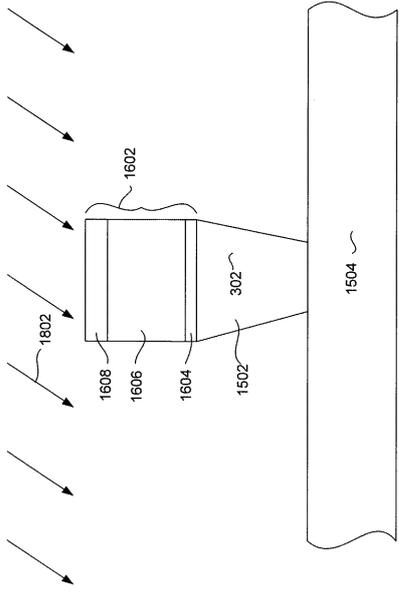
【 図 1 7 】

図 1 7



【 図 18 】

図 18



フロントページの続き

- (72)発明者 ダニエル・ウェイン・ベデル
アメリカ合衆国 9 5 0 2 0、カリフォルニア州、ギルロイー、エジンバラ ウェイ 7 5 6 6
- (72)発明者 クワン・レ
アメリカ合衆国 9 5 1 3 5、カリフォルニア州、サンノゼ、カプリアナ サークル 3 2 5 7
- (72)発明者 アロン・ペンテック
アメリカ合衆国 9 5 1 2 0、カリフォルニア州、サンノゼ、コート ダ ロザ 1 4 3 7
- Fターム(参考) 5D033 BA07 BA12 BB21 CA02 DA03 DA08 DA31