(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2016-51495
(P2016-51495A)
(43)公開日　平成28年4月11日(2016.4.11)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G11B 5/31	(2006.01)	G11B	5/31	F	5D033

審査請求 未請求　請求項の数 16　ＯＬ　（全 15 頁）

(21)出願番号　特願2015-162780 (P2015-162780)
(22)出願日　平成27年8月20日 (2015.8.20)
(31)優先権主張番号　14/471,959
(32)優先日　平成26年8月28日 (2014.8.28)
(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
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
(74)代理人　110001195
特許業務法人深見特許事務所
(72)発明者　ジェンファ・シュエ
アメリカ合衆国、５５３１１　ミネソタ州、メープル・グローブ、シックスティシックスス・プレイス・ノース、１６９４１
(72)発明者　ジャオミン・チュ
アメリカ合衆国、５５３１１　ミネソタ州、メープル・グローブ、クイーンズランド・レーン・ノース、６２５９
最終頁に続く

(54)【発明の名称】書込ヘッドおよびディスクドライブ

(57)【要約】
【課題】書込速度を著しく増加させることができる書込ヘッドを提供する。
【解決手段】書込ヘッドは、空気軸受面（ＡＢＳ）の近傍に磁極先端を有する主磁極を有し、主磁極は、リーディング側およびトレーリング側を有する。書込ヘッドはまた、ＡＢＳから引っ込んだヨーク先端を有するヨークと、主磁極およびヨークのまわりに巻かれた螺旋コイルとを含む。螺旋コイルの第１の巻回は、その前縁がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている。
【選択図】図１

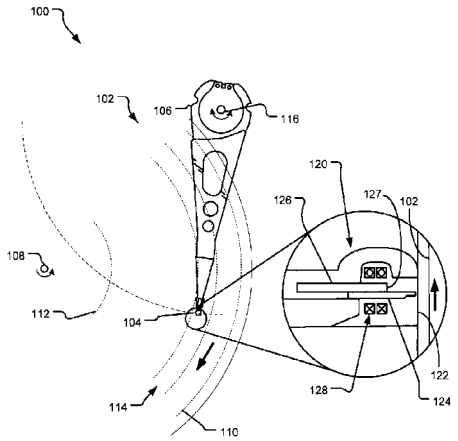

FIG. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
リーディング側およびトレーリング側を有する主磁極と、
ヨーク先端を有するトレーリングヨークと、
前記主磁極および前記ヨークのまわりで前記リーディング側および前記トレーリング側に存在するコイル構造とを備え、前記トレーリング側の前記コイル構造の第１の巻回は、その前縁が前記ヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている、書込ヘッド。
【請求項２】
前記第１の巻回の前記前縁は、前記ヨーク先端から１００ｎｍ以下である、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項３】
前記第１の巻回の前記前縁は、前記ヨーク先端から５０ｎｍ以下である、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項４】
前記第１の巻回の前記前縁は、前記ヨーク先端から２０ｎｍ以下である、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項５】
前記第１の巻回の前記前縁は、前記ヨーク先端から１０ｎｍ以下である、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項６】
前記第１の巻回の前記前縁は、前記ヨーク先端と整列されている、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項７】
リーディングヨーク先端を有するリーディングヨークを前記主磁極の前記リーディング側にさらに備える、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項８】
前記リーディング側の前記コイル構造の第１の巻回は、その前縁が前記リーディングヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている、請求項７に記載の書込ヘッド。
【請求項９】
前記コイル構造は、前記リーディング側および前記トレーリング側に、少なくとも２つのアクティブ巻回を含む、請求項１に記載の書込ヘッド。
【請求項１０】
前記コイル構造はダミー巻回をさらに含む、請求項９に記載の書込ヘッド。
【請求項１１】
前記ダミー巻回は前記リーディング側にある、請求項１０に記載の書込ヘッド。
【請求項１２】
空気軸受面（ＡＢＳ）の近傍に磁極先端を有する主磁極を備え、前記主磁極はリーディング側およびトレーリング側を有し、
前記ＡＢＳから引っ込んだリーディングヨーク先端を有するリーディングヨークと、
前記ＡＢＳから引っ込んだトレーリングヨーク先端を有するトレーリングヨークと、
前記主磁極およびこれらヨークのまわりのコイル構造とを備え、前記コイル構造は、その前縁が前記リーディングヨーク先端と少なくとも実質的に整列されているリーディング側の第１の巻回と、その前縁が前記トレーリングヨーク先端と少なくとも実質的に整列されているトレーリング側の第１の巻回とを有する、書込ヘッド。
【請求項１３】
前記リーディングヨーク先端と前記トレーリングヨーク先端とは整列されている、請求項１２に記載の書込ヘッド。
【請求項１４】
前記第１の巻回の前記前縁は、ヨーク先端から１００ｎｍ以下である、請求項１２に記載の書込ヘッド。

【請求項１５】
前記第１の巻回の前記前縁は、ヨーク先端から１０ｎｍ以下である、請求項１２に記載の書込ヘッド。
【請求項１６】
少なくとも１つの磁気記憶ディスクと、
読出ヘッドおよび書込ヘッドを含むトランスデューサヘッドとを備え、前記書込ヘッドは、
主磁極と、
ヨーク先端を有するヨークと、
前記主磁極および前記ヨークのまわりに巻かれた螺旋コイルとを含み、前記螺旋コイルは、その前縁が前記ヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている第１の巻回を有する、ディスクドライブ。
【発明の詳細な説明】
【背景技術】
【０００１】
背景
ディスクドライブは、データを書込み、読出すために磁場を使用するデータ記憶システムの一例である。トランスデューサが情報をディスクのデータ面に書込み、データ面から読出す。一例では、トランスデューサは、データの所望のビットを表わす磁気媒体の磁気モーメントを整列させる磁場を生成するための記録または書込ヘッドを含む。磁気記録ヘッドは、長手方向記録方式および垂直記録方式の双方を含む。垂直記録は、データのビットを表わす磁気モーメントが記録層の表面に対して垂直に配向される磁気記録の形式である。垂直磁気書込ヘッドは典型的には、主磁極とリターン磁極とを含み、それらは書込ギャップを形成するように分離され、空気軸受面（air-bearing surface：ＡＢＳ）に位置する磁極先端から後方ギャップ領域へと延在している。コイルが、コイルを通って伝導された電流に応答して、主磁極およびリターン磁極を通る磁気信号を生成するために含まれている。主磁極の先端は、磁場が磁気媒体と相互作用して、その磁気モーメントを上または下の方向に配向するように、磁束密度を集中させる。
【０００２】
磁気メモリストレージにおいて、より高いデータレートおよびより高いデータ密度に対する要望が高まるにつれて、磁気書込ヘッドの設計に対し、大きい課題が生じている。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００３】
概要
ここに説明され、請求されている実現化例は、書込磁極と、ヨークと、書込磁極およびヨークのまわりに螺旋状に巻かれたコイル構造とを備え、コイル構造は、ヨークの先端と整列されたコイル構造の第１の巻回を有する、書込ヘッドを提供する。
【０００４】
ある特定の実現化例は、主磁極と、ヨーク先端を有するトレーリングヨークと、主磁極およびヨークのまわりのコイル構造とを有する、書込ヘッドである。コイル構造は、その前縁がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている第１の巻回を有する。
【０００５】
別の特定の実現化例は、空気軸受面（ＡＢＳ）の近傍に磁極先端を有し、リーディング側およびトレーリング側を有する主磁極を有する、書込ヘッドである。書込ヘッドはまた、ＡＢＳから引っ込んだリーディングヨーク先端を有するリーディングヨークと、ＡＢＳから引っ込んだトレーリングヨーク先端を有するトレーリングヨークとを含む。主磁極およびヨークのまわりには、コイル構造が存在する。コイル構造は、その前縁がリーディングヨーク先端と少なくとも実質的に整列されているリーディング側の第１の巻回を有し、また、その前縁がトレーリングヨーク先端と少なくとも実質的に整列されているトレーリ

ング側の第１の巻回とを有する。
【０００６】
さらに別の特定の実現化例は、少なくとも１つの磁気記憶ディスクと、読出ヘッドおよび書込ヘッドを含むトランスデューサヘッドとを備える、ディスクドライブである。書込ヘッドは、主磁極と、ヨーク先端を有するトレーリングヨークと、主磁極およびヨークのまわりのコイル構造とを有し、コイル構造は、その前縁がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている第１の巻回を有する。
【０００７】
この概要は、以下の詳細な説明でさらに説明される一連の概念を、簡略化された形で紹介するために提供される。この概要は、請求されている主題の重要な特徴または本質的な特徴を識別するよう意図されてはおらず、また、請求されている主題の範囲を限定するために使用されるよう意図されてもいない。これらのおよびさまざまな他の特徴および利点は、以下の詳細な説明を読めば明らかになるであろう。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】図１は、例示的な書込ヘッドがアクチュエータアセンブリの端に実装された記憶装置の概略上面図である。
【図２】図２は、例示的な書込ヘッドの概略断面部分側面図である。
【図３】図３は、別の例示的な書込ヘッドの概略断面部分側面図である。
【図４】図４は、さらに別の例示的な書込ヘッドの概略断面部分側面図である。
【図５】図５は、さらに別の例示的な書込ヘッドの概略断面部分側面図である。
【図６】図６は、さらに別の例示的な書込ヘッドの概略断面部分側面図である。
【図７】図７は、さらに別の例示的な書込ヘッドの概略断面部分側面図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
詳細な説明
上述のように、より高いデータレートおよびより高い面密度に対する要望は、磁気書込ヘッドの設計において大きい課題をもたらしている。垂直記録では、書込ヘッドは、駆動電流波形変化を通して書込部の磁場をある極性から別の極性にスイッチングすることによって、情報を記録媒体に「書込む」。高データレート（high data rate：ＨＤＲ）で記録する場合、スイッチング速度は増加する。通常、データレートが増加するにつれて、書込磁場の大きさが低下し、大きさの変動が増大するであろう。これらは、媒体飽和の劣化を引き起こすだけではなく、ビット間の遷移鮮明度の悪化も引き起こす。加えて、書込磁場の泡膨張はトラック中心よりもトラックエッジでより遅いため、データレートが増加するにつれて、クロストラック方向に沿った遷移湾曲がより大きくなるであろう。これらのＨＤＲ効果はすべて、記録情報用の信号対雑音比（signal-to-noise ratio：ＳＮＲ）の劣化を引き起こす。高い面密度での記録のための書込部の設計についての基本的要件（たとえば、高い線密度および高いトラック密度）は、強力な書込可能性を提供すること、磁場をダウントラック方向およびクロストラック方向で限定すること、および消去磁場を減少させることを含む。トラック密度の増加を推進する上で、書込磁極先端のトレーリングエッジの物理的な幅を減少させることは、トラックピッチを減少させるのに直接役立つ。しかしながら、同じ大きさの書込磁場では、書込磁極の幅を減少させることは、より大きいトラック膨脹、および隣接トラック漏れ磁場の増加を引き起こし得る。大きい隣接トラック漏れ磁場は、書込み磁場のクロストラック勾配を低下させ、トラックエッジの消去バンドを悪化させるであろう。これは次に、トラック密度推進を限定するであろう。たとえばサイドシールドを書込部に含めることにより、磁場をクロストラック方向で限定することは、クロストラック磁場勾配を向上させ、消去バンドを減少させるであろう。このため、トラック密度には大幅な改良が見られるかもしれない。しかしながら、遷移書込中には、サイドシールドにおける磁化の動的活動が、サイドトラックにおける記録情報を損なうサイドトラック消去磁場を引き起こすであろう、という信頼性の問題がある。

【００１０】
この開示は、書込速度を著しく増加させ（たとえば、より高速のスイッチング）、駆動電流－書込磁場の効率を向上させることができ、したがってＨＤＲ性能に役立つ、書込部の設計または書込ヘッドの設計を提供する。書込設計は、磁場を実現するために必要とされるコイルパワーを減少させつつ、より短い磁場立上がり時間を有する。より低いコイルパワーはより低い消去磁場に対応し、書込部の信頼性に役立つであろう。
【００１１】
ここに開示される記録ヘッドの一実現化例は、トレーリング側または頂部のヨークの端または先端と少なくとも実質的に整列された第１の巻回を有するコイル構造を含む。コイル構造をヨーク先端と整列させることは、書込ヘッドのスイッチング速度を増加させ、およびパワーの使用を減少させ、それらは双方とも、高データレート性能を向上させる。いくつかの実現化例では、コイルからＡＢＳまでの距離とヨーク先端からＡＢＳまでの距離との差は、１０ｎｍ以下である。他の実現化例では、コイルからＡＢＳまでの距離とヨーク先端からＡＢＳまでの距離との差は、２０ｎｍ以下、または５０ｎｍ以下である。いくつかの実現化例では、コイルからＡＢＳまでの距離とヨーク先端からＡＢＳまでの距離との差は、１００ｎｍ以下である。いくつかの実現化例では、この距離のずれまたは差は、コイルの巻きまたは巻回の直径の２０％以下である。他の実現化例では、この距離のずれまたは差は、コイルからＡＢＳまでの距離の１０％以下であるか、さらには５％以下であり、さらに他の実現化例では、この距離のずれまたは差は、ヨーク先端からＡＢＳまでの距離の１０％以下であるか、さらには５％以下である。
【００１２】
以下の説明では、その一部を形成し、少なくとも１つの特定の実現化例を例示的に示す添付図面を参照する。以下の説明は、追加の特定の実現化例を提供する。他の実現化例が考えられること、および、この開示の範囲または精神から逸脱することなく作成可能であることが、理解されるべきである。以下の詳細な説明はしたがって、限定的な意味で解釈されてはならない。この開示はそのように限定されていないものの、以下に提供される例の説明を通して、この開示のさまざまな局面の理解が得られるであろう。
【００１３】
場合によっては、参照符号は、複数の同様の構成要素のうちの１つを示すために、小文字からなる関連付けられたサブラベルを有する場合がある。サブラベルの特定のない参照数字が参照される場合、その参照は、すべてのそのような複数の同様の構成要素を指すよう意図されている。
【００１４】
図１は、例示的な記録ヘッド構造がアクチュエータアセンブリの端に実装された記憶装置１００を示す。具体的には、図１は、トランスデューサヘッド１０４がアクチュエータアセンブリ１０６の端に位置付けられた磁気媒体またはディスク１０２の一実現化例の頂面図を示す。ディスク１０２は、動作中、ディスク回転軸１０８を中心として、図示された方向に回転する。また、ディスク１０２は外径１１０と内径１１２とを含み、それらの間には、点線で示された多くのデータトラック１１４がある。データトラック１１４は略円形であり、規則的に間隔をあけたパターン化ビットから構成されている。
【００１５】
情報は、アクチュエータアセンブリ１０６の使用を通して、データトラック１１４上のパターン化ビットに書込まれ、パターン化ビットから読出され得る。アクチュエータアセンブリ１０６は、データトラック１１４のシーク動作中、アクチュエータ回転軸１１６を中心として回転する。アクチュエータ回転軸１１６から遠位の端でアクチュエータアセンブリ１０６に搭載されたトランスデューサヘッド１０４は、ディスク動作中、ディスク１０２の表面の直近に浮上している。トランスデューサヘッド１０４は、トラック１１４からデータを読出すための読出磁極とトラック１１４にデータを書込むための書込磁極とを含む記録ヘッドを含む。
【００１６】

図１はまた、トランスデューサヘッド１０４の、特にトランスデューサ１０４の書込ヘッド部分１２０の部分断面構成の拡大図も示す。書込ヘッド１２０は、その空気軸受面（ＡＢＳ）１２２が磁気媒体またはディスク１０２の近くにある状態で図示されている。拡大図には、ディスク１０２の回転方向が図示されている。

【００１７】

具体的には、書込ヘッド１２０は、磁場によってディスク１０２にデータを書込むように構成された主磁極１２４（書込磁極とも呼ばれる）を含む。主磁極１２４は、たとえば鉄（Ｆｅ）、コバルト（Ｃｏ）、ニッケル（Ｎｉ）、およびそれらの組合せであるものの、それらに限定されない、強磁性材料で作られている。たとえば、主磁極１２４は、鉄およびコバルト（ＦｅＣｏ）、鉄およびニッケル（ＦｅＮｉ）、コバルト、鉄およびニッケル（ＣｏＦｅＮｉ）、鉄および窒化アルミニウム（ＦｅＡｌＮ）、鉄および窒化タンタル（ＦｅＴａＮ）、コバルト、鉄およびホウ素（ＣｏＦｅＢ）、コバルトおよび窒化鉄（ＣｏＦｅＮ）などであるものの、それらに限定されない、合金を含み得る。

【００１８】

書込ヘッド１２０はヨーク１２６も含み、それは、主磁極１２４からの磁束のスイッチングを容易にする。ヨーク先端１２７は、ＡＢＳ１２２から、および主磁極１２４の先端から引っ込んでいる。ヨーク１２６およびそのヨーク先端１２７は、鉄コバルト（ＦｅＣｏ）、コバルト鉄ニッケル（ＣｏＦｅＮｉ）などの高磁気モーメント材料で作られている。

【００１９】

書込ヘッド１２０は、複数の巻回を有する、主磁極１２４およびヨーク１２６のまわりに存在するコイル構造１２８を用いて励磁される。コイル構造１２８は、主磁極１２４およびヨーク１２６のまわりに巻かれた螺旋コイルであってもよく、または、コイル構造１２８は、主磁極１２４およびヨーク１２６の各側に存在する平面コイルから構成されていてもよい。コイル構造１２８は、たとえば銅（Ｃｕ）、銀（Ａｇ）、金（Ａｕ）、およびそれらの組合せであるものの、それらに限定されない、導電性材料で作られている。コイル構造１２８は磁場を生成して、ＡＢＳ１２２の後方からヨーク１２６および主磁極１２４における磁化を回転させる。磁壁がＡＢＳ１２２に伝搬すると、回転またはスイッチングが起こる。

【００２０】

コイル構造１２８は、それがヨーク先端１２７と少なくとも実質的に整列されるように位置付けられる。言い換えれば、ヨーク先端１２７と、コイル構造１２８の前縁とは、ＡＢＳ１２２から実質的に同じ距離にある。いくつかの実現化例では、コイル構造１２８からＡＢＳ１２２までの距離とヨーク先端１２７からＡＢＳ１２２までの距離との差は、１０ｎｍ以下である。他の実現化例では、コイル構造１２８からＡＢＳ１２２までの距離とヨーク先端１２７からＡＢＳ１２２までの距離との差は、２０ｎｍ以下、または５０ｎｍ以下である。いくつかの実現化例では、コイル構造１２８からＡＢＳ１２２までの距離とヨーク先端１２７からＡＢＳ１２２までの距離との差は、１００ｎｍ以下である。いくつかの実現化例では、この距離のずれまたは差は、コイル構造１２８の巻きの直径の２０％以下である。他の実現化例では、この距離のずれまたは差は、コイル構造１２８からＡＢＳ１２２までの距離の１０％以下であるか、さらには５％以下であり、さらに他の実現化例では、この距離のずれまたは差は、ヨーク先端１２７からＡＢＳ１２２までの距離の１０％以下であるか、さらには５％以下である。ＡＢＳ１２２からヨーク先端１２７およびコイル構造１２８までの例示的な距離は、１～２マイクロメートルの距離、たとえば、１．２マイクロメートル、１．３マイクロメートル、１．５マイクロメートルおよび１．８マイクロメートルなどを含む。

【００２１】

ヨーク先端と少なくとも実質的に整列されているコイル構造の第１のコイル巻回を有するこのような書込ヘッド設計は、ヨークがアクティブ巻回から最適な磁束を受けるようにヨークを位置付けることによってコイル構造の効率を向上させ、したがって高データレー

ト性能および効率を向上させる。この構成は効率的な書込部を提供して、磁気立上がり時間（すなわち、磁極を完全に逆飽和させるための時間）と、磁極先端を飽和させるために必要とされる電流の振幅との双方を減少させるとともに、消去磁束を減少させる。上述のように、磁極における磁束は、コイル構造１２８および主磁極１２４からＡＢＳ１２２に伝搬する。磁束についての伝搬距離が長いほど、磁気配向のスイッチングが遅くなる。このため、コイルをＡＢＳ１２２により近づけることは、伝搬距離および磁化複雑性を減少させ、そのため、スイッチング速度は増加する。この構成はまた、書込みパワーがより少なくてすみ、このため、総合的な電気的および熱機械的改良を提供する。第１のコイル巻回がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている書込ヘッドの追加の実現化例を、以下に説明する。

【００２２】

図２は、空気軸受面（ＡＢＳ）２２２と、リーディングエッジ側２２３およびトレーリングエッジ側２２５を規定する主磁極２２４（書込磁極とも呼ばれる）とを有する、書込ヘッド２００を示す。リーディングエッジ側２２３は、ディスクが回転するときに主磁極２２４がディスクと交差する前に、ディスクと交差し、トレーリングエッジ側２２５は、ディスクが回転するときに主磁極１２４がディスクと交差した後で、ディスクと交差する。主磁極２２４は、ＡＢＳ２２２の近傍に磁極先端２２６を有する。主磁極２２４のトレーリングエッジ側２２５には、磁極先端２２６から引っ込んだヨーク先端２３７を有するヨーク２３６がある。主磁極２２４およびヨーク２３６のまわりには、コイル構造２２８が、複数の巻回２３８として存在する。

【００２３】

書込ヘッド２００は、磁極２２４のリーディングエッジ側２２３の第１のリターン磁極（first return pole：ＲＰ１）２３０と、磁極２２４のトレーリングエッジ側２２５の第２のリターン磁極（second return pole：ＲＰ２）２３２とを有する。ＲＰ２　２３２は、ＡＢＳ２２２で主磁極２２４に向かって延在する前方シールド２３４を含む。前方シールド２３４は、ＲＰ２　２３２と一体であってもよく、または別個の要素であってもよく、ＲＰ２　２３２と同じ材料でも異なる材料でもよい。第１の後方ビア２４３は、ヨーク２３６を経由して主磁極２２４をＲＰ１　２３０に接続し、第２の後方ビア２４５は、主磁極２２４をＲＰ２　２３２に接続する。

【００２４】

コイル構造２２８は、主磁極２２４とＲＰ１　２３０との間、および主磁極２２４／ヨーク２３６とＲＰ２　２３２との間を延在する。コイル構造２２８は、主磁極２２４およびヨーク２３６のまわりに巻かれた螺旋コイルであってもよく、または、コイル構造２２８は、主磁極２２４のリーディングエッジ側２２３およびヨーク２３６のトレーリングエッジ側２２５に存在する平面コイルから構成されていてもよい。この実現化例では、コイル構造２２８は、主磁極２２４側およびヨーク２３６側のそれぞれに、３つの巻回２３８を有する。コイル構造２２８の各巻回２３８は、コイル構造２２８の他の巻回２３８と、少なくとも主磁極２２４の側で直列に接続されている。しかしながら、コイル構造２２８のあらゆる好適な構成が利用可能である。たとえば、コイル構造２２８は、各々別個の電気回路を形成する複数のコイル（たとえば、３個のコイル）を含み得る。一実現化例では、アルミナ（Al_2O_3）などの誘電または絶縁材料（図示せず）は、コイル構造２２８を、主磁極２２４およびＲＰ１　２３０から、ならびに主磁極２２４／ヨーク２３６およびＲＰ２　２３２から、電気的に絶縁する。

【００２５】

コイル構造２２８の第１の巻回２３８（すなわち、ＡＢＳ２２２に最も近い巻回）の前縁２３９は、ヨーク先端２３７と少なくとも実質的に整列されている。すなわち、第１の巻回２３８の縁２３９からＡＢＳ２２２までの距離は、ヨーク先端２３７からＡＢＳ２２２までの距離と少なくとも実質的に同じである。いくつかの実現化例では、第１の巻回２３８の縁２３９からＡＢＳ２２２までの距離とヨーク先端２２７からＡＢＳ２２２までの距離との差は、１ｎｍ以下である。他の実現化例では、縁２３９からＡＢＳ１２２までの

距離とヨーク先端２２７からＡＢＳ２２２までの距離との差は、２ｎｍ以下である。
【００２６】
図３は、コイル構造の第１のコイル巻回がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている書込ヘッドの別の実現化例を示す。別段の指示がない限り、図３の要素は、図２の同様の要素と同じであるかまたは類似している。
【００２７】
図３では、書込ヘッド３００は、空気軸受面（ＡＢＳ）３２２と、ＡＢＳ２２２の近傍に磁極先端３２６を有する主磁極３２４と、磁極先端３２６から引っ込んだヨーク先端３３７を有するヨーク３３６とを有する。主磁極３２４およびヨーク３３６のまわりには、コイル構造３２８が、複数の巻回３３８として存在する。
【００２８】
書込ヘッド３００は、磁極３２４の両側に、第１のリターン磁極（ＲＰ１）３３０と、第２のリターン磁極（ＲＰ２）３３２とを有する。ＲＰ２　３３２は、ＡＢＳ３２２で主磁極３２４に向かって延在する前方シールド３３４を含む。第１の後方ビア３４３は、ヨーク３３６を経由して主磁極３２４をＲＰ１　３３０に接続し、第２の後方ビア３４５は、主磁極３２４をＲＰ２　３３２に接続する。
【００２９】
コイル構造３２８は、主磁極３２４とＲＰ１　３３０との間、および主磁極３２４／ヨーク３３６とＲＰ２　３３２との間で巻付いている。この実現化例では、コイル構造３２８は、主磁極３２４側およびヨーク３３６側のそれぞれに、２つの巻回３３８を有する。コイル構造３２８の各巻回３３８は、コイル構造３２８の他の巻回３３８と直列に接続されている。しかしながら、コイル構造３２８のあらゆる好適な構成が利用可能である。一実現化例では、アルミナ（Al_2O_3）などの誘電または絶縁材料（図示せず）は、コイル構造３２８を、主磁極３２４およびＲＰ１　３３０から、ならびに主磁極３２４およびＲＰ２　３３２から、電気的に絶縁する。
【００３０】
コイル構造３２８の第１の巻回３３８（すなわち、ＡＢＳ３２２に最も近い巻回）の縁３３９は、ヨーク先端３３７と少なくとも実質的に整列されている。
【００３１】
図４は、コイル構造の第１のコイル巻回がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている書込ヘッドの別の実現化例を示す。別段の指示がない限り、図４の要素は、記載の有無にかかわらず、図２および図３の同様の要素と同じであるかまたは類似している。
【００３２】
図４では、書込ヘッド４００は、空気軸受面（ＡＢＳ）４２２と、リーディングエッジ側４２３およびトレーリングエッジ側４２５を規定する主磁極４２４とを有する。主磁極４２４は、ＡＢＳ４２２の近傍に磁極先端４２６を有する。主磁極４２４のリーディングエッジ側４２３には、磁極先端４２６から引っ込んだヨーク先端４３７ａを有するリーディングヨーク４３６ａがあり、トレーリングエッジ側４２５には、磁極先端４２６から引っ込んだヨーク先端４３７ｂを有するトレーリングヨーク４３６ｂがある。リーディングヨーク４３６ａは、それに代えてまたは加えて、「底部ヨーク」と呼ばれてもよく、トレーリングヨーク４２６ｂは、それに代えてまたは加えて、「頂部ヨーク」と呼ばれてもよい。図示された実現化例では、リーディング側エッジ４２３のヨーク先端４３７ａは、トレーリング側エッジ４２５のヨーク先端４３７ｂと同一平面ではなく、すなわちそれと整列されていない。
【００３３】
主磁極４２４およびヨーク４３６のまわりには、コイル構造４２８が、複数の巻回４３８として存在する。巻回４３８ａは、ヨーク４３６ａの近傍のリーディングエッジ側４２３に位置し、巻回４３８ｂは、ヨーク４３６ｂの近傍のトレーリングエッジ側４２５に位置している。
【００３４】

書込ヘッド４００は、磁極４２４の両側に、（図示しない前方シールドを含む）第１のリターン磁極（ＲＰ１）４３０と、第２のリターン磁極（ＲＰ２）４３２とを有する。第１の後方ビア４４３は、ヨーク４３６ａを経由して主磁極４２４をＲＰ１　４３０に接続し、第２の後方ビア４４５は、ヨーク４３６ｂを経由して主磁極４２４をＲＰ２　４３２に接続する。

【００３５】

コイル構造４２８は、この実現化例では、主磁極４２４側およびヨーク４３６側のそれぞれに、２つの巻回４３８を、ゆがんだまたはずれた態様で有する。第１の巻回４３８ａは、リーディングエッジ側４２３でヨーク先端４３７ａと少なくとも実質的に整列され、第１の巻回４３８ｂは、トレーリングエッジ側４２５でヨーク先端４３７ｂと少なくとも実質的に整列されているが、第１の巻回４３８ｂの方がＡＢＳ４２２からさらに遠ざかるように引っ込んでいる。なぜなら、上述のように、ヨーク先端４３７同士が互いに整列されていないためである。この実現化例では、コイル構造４２８は、リーディングエッジ側４２３ではヨーク先端４３７ａと、トレーリングエッジ側４２５ではヨーク先端４３７ｂと少なくとも実質的に整列されている。

【００３６】

図５は、コイル構造の第１のコイル巻回がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている書込ヘッドの別の実現化例を示す。別段の指示がない限り、図５の要素は、記載の有無にかかわらず、図２～４の同様の要素と同じであるかまたは類似している。

【００３７】

図５では、書込ヘッド５００は、空気軸受面（ＡＢＳ）５２２と、リーディングエッジ側５２３およびトレーリングエッジ側５２５を規定する主磁極５２４とを有する。主磁極５２４は、ＡＢＳ５２２の近傍に磁極先端５２６を有する。主磁極５２４のリーディングエッジ側５２３には、磁極先端５２６から引っ込んだヨーク先端５３７ａを有するリーディングヨーク５３６ａがあり、トレーリングエッジ側５２５には、磁極先端５２６から引っ込んだヨーク先端５３７ｂを有するトレーリングヨーク５３６ｂがある。図示された実現化例では、リーディング側エッジ５２３のヨーク先端５３７ａは、トレーリング側エッジ５２５のヨーク先端５３７ｂと同一平面であり、すなわちそれと整列されている。他の実現化例では、先端５３７同士は整列されていなくてもよい。

【００３８】

主磁極５２４およびヨーク５３６のまわりには、コイル構造５２８が、複数のアクティブ巻回５３８を有して存在する。巻回５３８ａは、ヨーク５３６ａの近傍のリーディングエッジ側５２３に位置し、巻回５３８ｂは、ヨーク５３６ｂの近傍のトレーリングエッジ側５２５に位置している。リーディングエッジ側５２３には、ダミー巻回５３９も位置しており、それは電流を伝導しないため、アクティブ巻回５３８のように磁場を生成しない。ダミー巻回５３９は、アクティブ巻回５３８に物理的に接続されていてもよく、または、すべてのアクティブ巻回５３８から物理的に分離されていてもよい。

【００３９】

コイル構造５２８から、ＡＢＳ５２２から遠く離れたリーディング後方ビア５４３および他のかさ高い磁性材料への潜在的な漏れ磁束を減少させるために、最後のアクティブ巻回５３８と後方ビア５４３との間の距離が増加される。アクティブ巻回５３８と後方ビア５４３との間の区域は、コイル構造５２８を包囲する誘電または絶縁材料（たとえばアルミナ）で充填可能であるが、ダミー巻回５３９は、たとえばより安い材料でその区域を充填するために設けられる。いくつかの実現化例では、ダミー巻回５３９は、書込ヘッド５００およびそのさまざまな要素の（たとえば、めっき、堆積などによる）形成を容易にするために設けられる。

【００４０】

書込ヘッド５００は、磁極５２４の両側に、（図示しない前方シールドを含む）第１のリターン磁極（ＲＰ１）５３０と、第２のリターン磁極（ＲＰ２）５３２とを有する。第１の後方ビア５４３は、ヨーク５３６ａを経由して主磁極５２４をＲＰ１　５３０に接続

し、第２の後方ビア５４５は、ヨーク５３６ｂを経由して主磁極５２４をＲＰ２　５３２に接続する。

【００４１】

コイル構造５２８は、この実現化例では、主磁極５２４およびヨーク５３６のまわりに、少なくとも２つの巻回を、ゆがんだまたは整列されない態様で有する。上述のように、ヨーク先端５３７同士は、互いに整列されている。トレーリングエッジ側５２５の第１の巻回５３８ｂは、ヨーク先端５３７ｂと少なくとも実質的に整列されているものの、リーディングエッジ側５２３の第１の巻回５３８ａは、ヨーク先端５３７ａと少なくとも実質的に整列しておらず、むしろ、ヨーク先端５３７ａよりも、ＡＢＳ５２２により近い。この実現化例では、コイル構造５２８は、トレーリングエッジ側４２５でヨーク先端５３７ｂとのみ、少なくとも実質的に整列されている。

【００４２】

図６は、コイル構造の第１のコイル巻回がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている書込ヘッドの別の実現化例を示す。別段の指示がない限り、図６の要素は、記載の有無にかかわらず、図２～５の同様の要素と同じであるかまたは類似している。

【００４３】

図６では、書込ヘッド６００は、空気軸受面（ＡＢＳ）６２２と、リーディングエッジ側６２３およびトレーリングエッジ側６２５を規定する主磁極６２４とを有する。主磁極６２４は、ＡＢＳ６２２の近傍に磁極先端６２６を有する。主磁極６２４のリーディングエッジ側６２３には、磁極先端６２６から引っ込んだヨーク先端６３７ａを有するリーディングヨーク６３６ａがあり、トレーリングエッジ側６２５には、磁極先端６２６から引っ込んだヨーク先端６３７ｂを有するトレーリングヨーク６３６ｂがある。図示された実現化例では、リーディング側エッジ６２３のヨーク先端６３７ａは、トレーリング側エッジ６２５のヨーク先端６３７ｂと同一平面であり、すなわちそれと整列されている。他の実現化例では、先端６３７同士は整列されていなくてもよい。

【００４４】

主磁極６２４およびヨーク６３６のまわりには、コイル構造６２８が、複数のアクティブ巻回６３８を有して存在する。巻回６３８ａは、ヨーク６３６ａの近傍のリーディングエッジ側６２３に位置し、巻回６３８ｂは、ヨーク６３６ｂの近傍のトレーリングエッジ側６２５に位置している。リーディングエッジ側６２３には、非磁性ダミー巻回６３９も位置している。

【００４５】

書込ヘッド６００は、磁極６２４の両側に、（図示しない前方シールドを含む）第１のリターン磁極（ＲＰ１）６３０と、第２のリターン磁極（ＲＰ２）６３２とを有する。第１の後方ビア６４３は、ヨーク６３６ａを経由して主磁極６２４をＲＰ１　６３０に接続し、第２の後方ビア６４５は、ヨーク６３６ｂを経由して主磁極６２４をＲＰ２　６３２に接続する。

【００４６】

コイル構造６２８は、この実現化例では、主磁極６２４およびヨーク６３６のまわりに、少なくとも２つの巻回を有する。上述のように、ヨーク先端６３７同士は互いに整列されており、第１の巻回６３８ａ、６３８ｂは双方とも、それらのそれぞれのヨーク先端６３７ａ、６３７ｂと少なくとも実質的に整列されている。

【００４７】

図７は、コイル構造の第１のコイル巻回がヨーク先端と少なくとも実質的に整列されている書込ヘッドのさらに別の実現化例を示す。別段の指示がない限り、図７の要素は、記載の有無にかかわらず、図２～６の同様の要素と同じであるかまたは類似している。

【００４８】

図７では、書込ヘッド７００は、空気軸受面（ＡＢＳ）７２２と、磁極先端７２６を有し、リーディングエッジ側７２３およびトレーリングエッジ側７２５を規定する主磁極７２４とを有する。リーディングエッジ側７２３には、磁極先端７２６から引っ込んだヨー

ク先端７３７を有するヨーク７３６がある。
【００４９】
主磁極７２４およびヨーク７３６のまわりには、コイル構造７２８が、複数のアクティブ巻回７３８を有して存在する。巻回７３８ａは、ヨーク７３６の近傍のリーディングエッジ側７２３に位置し、巻回７３８ｂは、トレーリングエッジ側７２５に位置している。リーディングエッジ側７２３には、オプションの非磁性ダミー巻回７３９も位置している。コイル構造７２８は、この実現化例では、主磁極７２４およびヨーク６３６のまわりに、少なくとも２つの巻回を有する。リーディングエッジ側７２３の第１の巻回７３８は、ヨーク先端７３７と少なくとも実質的に整列されている。
【００５０】
上述の書込ヘッドのすべて、すなわち書込ヘッド２００、３００、４００、５００、６００、および７００、ならびにそれらの変形は、めっき、堆積、エッチング、ミリング、および他の処理手法を含むさまざまな方法によって作製可能である。
【００５１】
上述の明細書および例は、この発明の例示的な実現化例の構造および使用の完全な説明を提供する。上述の説明は、特定の実現化例を提供する。他の実現化例が考えられること、および、この開示の範囲または精神から逸脱することなく作成可能であることが、理解されるべきである。上述の詳細な説明はしたがって、限定的な意味で解釈されてはならない。この開示はそのように限定されていないものの、提供された例の説明を通して、この開示のさまざまな局面の理解が得られるであろう。
【００５２】
別段の指示がない限り、特徴サイズ、量、および物理的特性を表わすすべての数は、「約」という用語によって修正されるとして理解されるべきである。したがって、逆の指示がない限り、述べられた数値パラメータは、ここに開示される教示を利用する当業者によって得られることが求められる所望の特性に依存して変わり得る近似値である。
【００５３】
ここで使用されるように、単数形は、内容が明らかに別段の指示をしない限り、複数の指示対象を有する実現化例を包含する。この明細書および添付された請求項で使用されるように、「または」という用語は一般に、内容が明らかに別段の指示をしない限り、「および／または」を含む意味で使用される。
【００５４】
「底部」、「下部」、「頂部」、「上部」、「～の真下に」、「～の下に」、「～の上方の」、「～の上の」などを含むものの、それらに限定されない、空間に関連する用語は、ここで使用される場合、要素間の空間関係を説明するのに説明しやすくするために利用される。空間に関連するそのような用語は、図に示されここに説明された特定の配向に加えて、装置の異なる配向を包含する。たとえば、図に示された構造がひっくり返され、すなわち反転された場合、他の要素の下または真下にあるとして以前に説明された部分は、それらの他の要素の上または真上にあるであろう。
【００５５】
この発明の多くの実現化例は、この発明の精神および範囲から逸脱することなく作成可能であるため、この発明は、添付された請求項内に存在する。さらに、別々の実現化例の構造的特徴を、さらに別の実現化例で、記載された請求項から逸脱することなく組合わせてもよい。
【符号の説明】
【００５６】
１２０、２００、３００、４００、５００、６００、７００：書込ヘッド、２２３、４２３、５２３、６２３、７２３：リーディングエッジ側、１２４、２２４、３２４、４２４、５２４、６２４、７２４：主磁極、２２５、４２５、５２５、６２５、７２５：トレーリングエッジ側、１２６、２３６、３３６、４３６、５３６、６３６、７３６：ヨーク、１２７、２３７、３３７、４３７、５３７、６３７、７３７：ヨーク先端、１２８、２

２８、３２８、４２８、５２８、６２８、７２８：コイル構造、２３８、３３８、４３８、５３８、６３８、７３８：巻回、２３９、３３９：前縁。

【図１】

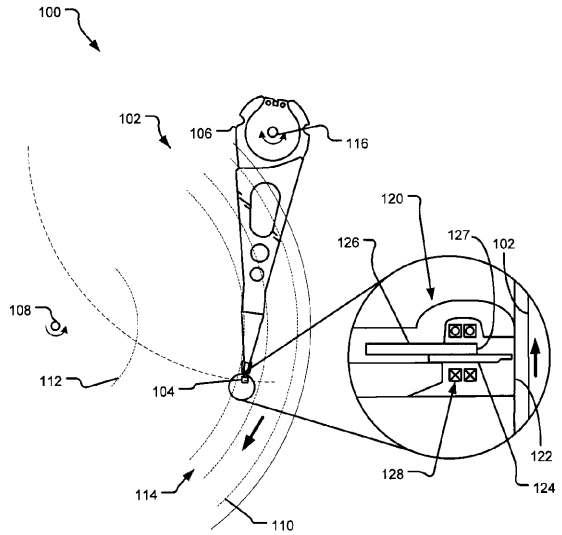

FIG. 1

【図２】

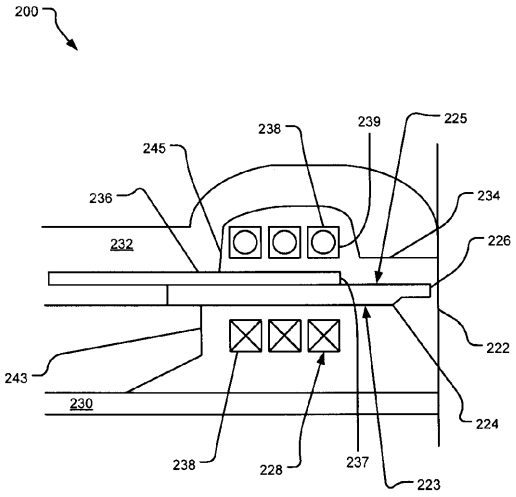

FIG. 2

【図３】

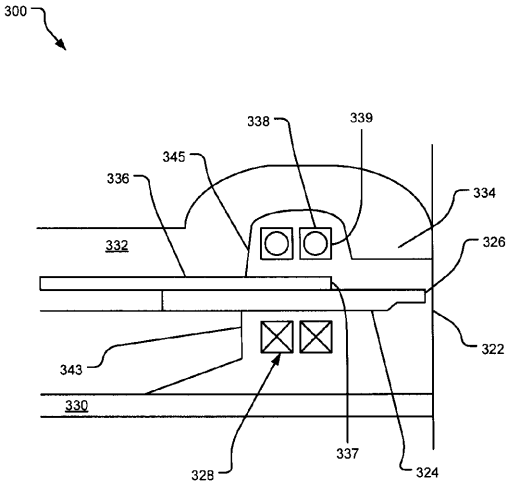

FIG. 3

【図４】

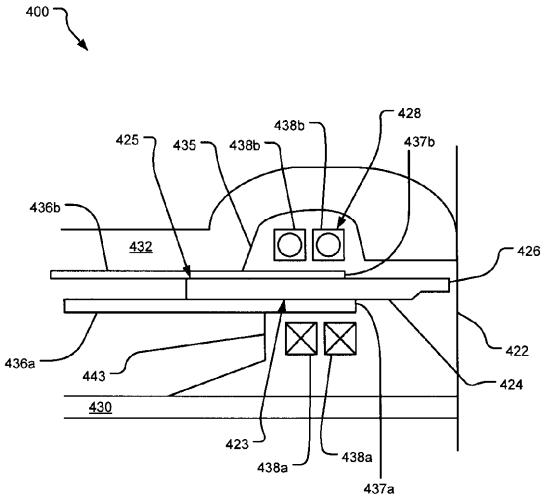

FIG. 4

【図５】

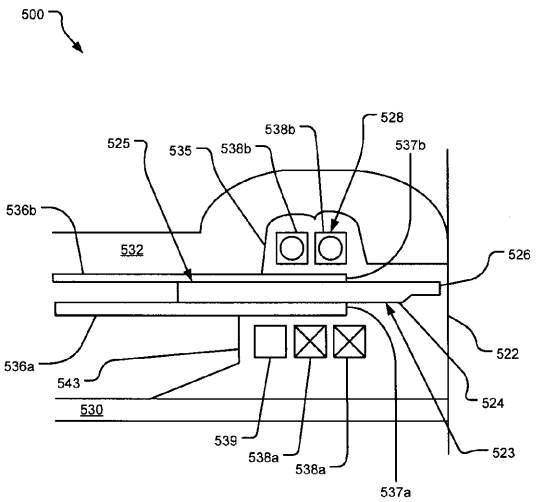

FIG. 5

【図６】

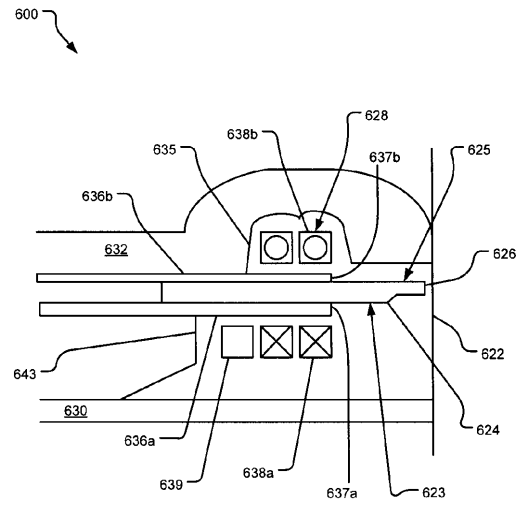

FIG. 6

【図７】

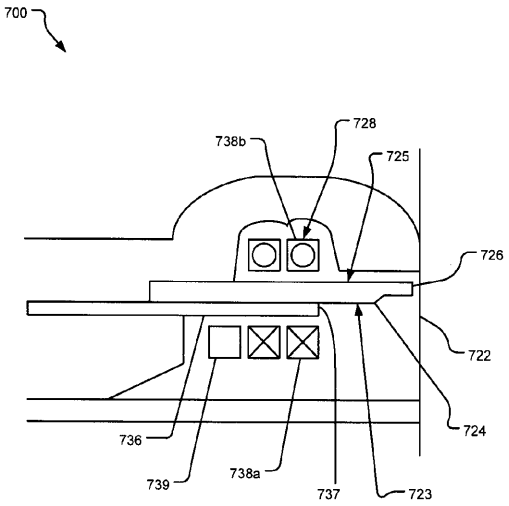

FIG. 7

フロントページの続き

(72)発明者　キリル・リブキン
アメリカ合衆国、５５４３５　ミネソタ州、エディナ、ヨーク・アベニュ、７６０２、アパートメント・ナンバー・７３１２
(72)発明者　フアチン・イン
アメリカ合衆国、５５３４７　ミネソタ州、エデン・プレーリー、ボルダー・ポワント・ロード、１５２８４
(72)発明者　ジョン・ウォルフ
アメリカ合衆国、５５３１１　ミネソタ州、メープル・グローブ、セブンティフォース・アベニュ・ノース、１６４２９
(72)発明者　ヨンファ・チェン
アメリカ合衆国、５５４３１　ミネソタ州、ブルーミントン、モーガン・サークル、１０５４８

Ｆターム(参考) 5D033 AA05　BA31