

(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2012-123886

(P2012-123886A)

(43) 公開日 平成24年6月28日(2012.6.28)

(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 D	5 D 0 3 3
	G 1 1 B 5/31 C	
	G 1 1 B 5/31 Q	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2011-149242 (P2011-149242)
(22) 出願日 平成23年7月5日 (2011.7.5)
(31) 優先権主張番号 12/964, 202
(32) 優先日 平成22年12月9日 (2010.12.9)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500475649
ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
035 ミルピタス サウス ヒルビュー
ドライブ 678

最終頁に続く

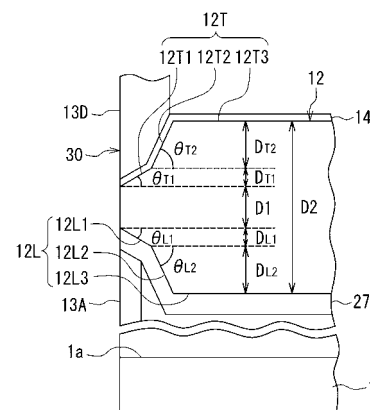
(54) 【発明の名称】 テーパー主磁極を備えた垂直磁気記録用磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】媒体対向面の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、スキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させる。

【解決手段】主磁極12の下端部12Lは、媒体対向面30に近い順に配置された部分12L1、12L2、12L3を含んでいる。主磁極12の上面12Tは、媒体対向面30に近い順に配置された部分12T1、12T2、12T3を含んでいる。部分12L1、12L2における任意の位置の基板の上面からの距離は、任意の位置が媒体対向面30から離れるに従って小さくなっている。媒体対向面30に垂直な方向に対する傾斜角度は、部分12L2の方が大きい。部分12T1、12T2における任意の位置の基板の上面からの距離は、任意の位置が媒体対向面30から離れるに従って大きくなっている。媒体対向面30に垂直な方向に対する傾斜角度は、部分12T2の方が大きい。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録媒体に対向する媒体対向面と、

前記記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生するコイルと、

前記媒体対向面に配置された端面を有し、前記コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって前記情報を前記記録媒体に記録するための記録磁界を発生する主磁極と、

上面を有し、前記コイルおよび主磁極が積層される基板とを備えた垂直磁気記録用磁気ヘッドであって、

前記主磁極は、前記基板の上面により近い端部である下端部と、前記下端部とは反対側の上面とを有し、

前記主磁極の下端部は、前記媒体対向面に近い順に、連続するように配置された第 1 の部分、第 2 の部分および第 3 の部分を含み、

前記主磁極の上面は、前記媒体対向面に近い順に、連続するように配置された第 4 の部分、第 5 の部分および第 6 の部分を含み、

前記第 1 および第 2 の部分における任意の位置の前記基板の上面からの距離は、前記任意の位置が前記媒体対向面から離れるに従って小さくなり、

前記媒体対向面に垂直な方向に対する前記第 1 および第 2 の部分の傾斜角度は、前記第 2 の部分の方が大きく、

前記第 4 および第 5 の部分における任意の位置の前記基板の上面からの距離は、前記任意の位置が前記媒体対向面から離れるに従って大きくなり、

前記媒体対向面に垂直な方向に対する前記第 4 および第 5 の部分の傾斜角度は、前記第 5 の部分の方が大きく、

前記第 3 の部分と第 6 の部分は、実質的に前記媒体対向面に垂直な方向に延在していることを特徴とする垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項 2】

前記第 1 および第 4 の部分の傾斜角度はいずれも $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の範囲内であり、前記第 2 および第 5 の部分の傾斜角度はいずれも $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲内であることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記媒体対向面に配置された前記主磁極の端面の幅は、前記基板の上面に近づくに従って小さくなっていることを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項 4】

更に、磁性材料よりなり、前記媒体対向面において前記主磁極の端面に対して記録媒体の進行方向の前側に配置された端面を有する上部シールドと、非磁性材料よりなり、前記主磁極と前記上部シールドとの間に配置された部分を有するギャップ部とを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項 5】

更に、磁性材料よりなり、前記媒体対向面において前記主磁極の端面に対して記録媒体の進行方向の後側に配置された端面を有する下部シールドと、磁性材料よりなり、前記媒体対向面において前記主磁極の端面に対してトラック幅方向の両側に配置された 2 つの端面を有する第 1 および第 2 のサイドシールドを備え、

前記媒体対向面において、前記下部シールド、第 1 のサイドシールド、第 2 のサイドシールドおよび上部シールドの端面は、前記主磁極の端面の周りを囲むように配置され、

前記ギャップ部は、前記主磁極と、前記下部シールド、第 1 のサイドシールド、第 2 のサイドシールドおよび上部シールドとの間に配置されていることを特徴とする請求項 4 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項 6】

前記主磁極は、トラック幅方向の両側に配置された第 1 および第 2 の側部を有し、

前記第 1 のサイドシールドは、前記主磁極の第 1 の側部に対向する第 1 の側壁を有し、

10

20

30

40

50

前記第２のサイドシールドは、前記主磁極の第２の側部に対向する第２の側壁を有し、前記媒体対向面において、トラック幅方向における前記第１および第２の側部の間隔と、トラック幅方向における前記第１および第２の側壁の間隔は、いずれも前記基板の上面に近づくに従って小さくなっていることを特徴とする請求項５記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項７】

更に、磁性材料よりなる第１の帰磁路部および第２の帰磁路部を備え、

前記第１の帰磁路部は、前記媒体対向面に配置された前記主磁極の端面と交差し、前記媒体対向面および基板の上面に垂直な断面において、前記媒体対向面に垂直な方向について前記下部シールドよりも大きな長さを有し、且つ前記下部シールドに対して磁氣的に接続され、

10

前記第２の帰磁路部は、前記上部シールドと前記主磁極とを磁氣的に連結し、

前記コイルは、前記主磁極と第１の帰磁路部とによって囲まれた空間を通過する第１の部分と、前記主磁極と第２の帰磁路部とによって囲まれた空間を通過する第２の部分とを含むことを特徴とする請求項５記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項８】

前記第１の帰磁路部は、前記下部シールドと前記主磁極とを磁氣的に連結することを特徴とする請求項７記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【請求項９】

前記第１の帰磁路部は、ヨーク層と、前記下部シールドとヨーク層とを磁氣的に連結する連結層とを含み、

20

前記媒体対向面に配置された前記主磁極の端面と交差し、前記媒体対向面および基板の上面に垂直な断面において、前記ヨーク層は、前記媒体対向面に垂直な方向について前記下部シールドよりも大きな長さを有し、前記連結層は、前記媒体対向面に垂直な方向について前記下部シールドよりも大きく前記ヨーク層よりも小さな長さを有することを特徴とする請求項７記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、垂直磁気記録方式によって記録媒体に情報を記録するために用いられる垂直磁気記録用磁気ヘッドに関し、特に、テーパー主磁極を備えた垂直磁気記録用磁気ヘッドに関する。

30

【背景技術】

【０００２】

磁気記録再生装置における記録方式には、信号磁化の向きを記録媒体の面内方向（長手方向）とする長手磁気記録方式と、信号磁化の向きを記録媒体の面に対して垂直な方向とする垂直磁気記録方式とがある。垂直磁気記録方式は、長手磁気記録方式に比べて、記録媒体の熱揺らぎの影響を受けにくく、高い線記録密度を実現することが可能であると言われる。

【０００３】

40

一般的に、垂直磁気記録用の磁気ヘッドとしては、長手磁気記録用の磁気ヘッドと同様に、読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR（Magnetoresistive）素子とも記す。）を有する再生ヘッドと、書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッドとを、基板上に積層した構造のものが用いられる。記録ヘッドは、記録媒体の面に対して垂直な方向の磁界を発生する主磁極を備えている。主磁極は、例えば、一端部が記録媒体に対向する媒体対向面に配置されたトラック幅規定部と、このトラック幅規定部の他端部に連結され、トラック幅規定部よりも大きな幅を有する幅広部とを有している。トラック幅規定部は、ほぼ一定の幅を有している。垂直磁気記録方式の記録ヘッドには、高記録密度化のために、トラック幅の縮小と、記録特性、例えば重ね書きの性能を表わすオーバーライト特性の向上が求められる。

50

【 0 0 0 4 】

ところで、ハードディスク装置等の磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッドは、一般的に、スライダに設けられる。スライダは、上記媒体対向面を有している。この媒体対向面は、空気流入端（リーディング端）と空気流出端（トレーリング端）とを有している。そして、空気流入端から媒体対向面と記録媒体との間に流入する空気流によって、スライダは記録媒体の表面からわずかに浮上するようになっている。このスライダにおいて、一般的に、磁気ヘッドは媒体対向面における空気流出端近傍に配置される。磁気ディスク装置において、磁気ヘッドの位置決めは、例えばロータリーアクチュエータによって行なわれる。この場合、磁気ヘッドは、ロータリーアクチュエータの回転中心を中心とした円軌道に沿って記録媒体上を移動する。このような磁気ディスク装置では、磁気ヘッドのトラック横断方向の位置に応じて、スキューと呼ばれる、円形のトラックの接線に対する磁気ヘッドの傾きが生じる。

10

【 0 0 0 5 】

特に、長手磁気記録方式に比べて記録媒体への書き込み能力が高い垂直磁気記録方式の磁気ディスク装置では、上述のスキューが生じると、あるトラックへの信号の記録時に、記録対象のトラックに隣接する１以上のトラックに記録された信号が消去されたり減衰したりする現象（以下、隣接トラック消去と言う。）が生じる場合がある。高記録密度化のためには、隣接トラック消去の発生を抑制する必要がある。

【 0 0 0 6 】

上述のようなスキューに起因した隣接トラック消去の発生を抑制する技術としては、例えば、特許文献１および特許文献２に記載されているように、媒体対向面における主磁極の端面の幅を、基板の上面に近づくに従って小さくする技術が知られている。また、特許文献１および特許文献２には、媒体対向面の近傍における主磁極の厚みを、媒体対向面に近づくに従って小さくする技術が記載されている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 1 3 3 6 1 0 号 公 報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 0 9 - 6 4 5 3 9 号 公 報

【 発明の概要 】

30

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

ところで、スキューに起因した問題の発生を防止するためには、媒体対向面における主磁極の厚みを小さくすることも効果的である。しかしながら、主磁極全体を薄くすると、磁束の流れる方向に対して垂直な主磁極の断面積が小さくなる。その結果、主磁極は、多くの磁束を媒体対向面まで導くことができなくなり、オーバーライト特性が低下してしまう。

【 0 0 0 9 】

特許文献１および特許文献２に記載されているように、媒体対向面の近傍における主磁極の厚みを、媒体対向面に近づくに従って小さくすることにより、媒体対向面における主磁極の厚みを小さくし、且つ主磁極によって多くの磁束を媒体対向面まで導くことが可能になる。

40

【 0 0 1 0 】

特許文献１および特許文献２に記載された磁気ヘッドでは、主磁極の下面と上面の少なくとも一方は、媒体対向面の近傍に配置されて媒体対向面に垂直な方向に対して傾いた斜面を含んでいる。ここで、媒体対向面において、媒体対向面に垂直な方向に対する斜面の傾斜角度が小さい場合には、媒体対向面から離れた位置における主磁極の厚みを大きくすることが困難になり、その結果、記録特性が劣ってしまう。一方、媒体対向面において、媒体対向面に垂直な方向に対する斜面の傾斜角度が大きい場合には、研磨によって形成される媒体対向面の位置が変動すると、媒体対向面における主磁極の厚みが大きく変動し、

50

その結果、記録特性が大きく変動してしまう。このように、従来は、媒体対向面の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、スキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させることが難しかった。

【0011】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、媒体対向面の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、スキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させることができるようにした垂直磁気記録用磁気ヘッドを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生するコイルと、媒体対向面に配置された端面を有し、コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する主磁極と、上面を有し、コイルおよび主磁極が積層される基板とを備えている。

【0013】

主磁極は、基板の上面により近い端部である下端部と、下端部とは反対側の上面とを有している。主磁極の下端部は、媒体対向面に近い順に、連続するように配置された第1の部分、第2の部分および第3の部分を含んでいる。主磁極の上面は、媒体対向面に近い順に、連続するように配置された第4の部分、第5の部分および第6の部分を含んでいる。第1および第2の部分における任意の位置の基板の上面からの距離は、任意の位置が媒体対向面から離れるに従って小さくなっている。媒体対向面に垂直な方向に対する第1および第2の部分の傾斜角度は、第2の部分の方が大きい。第4および第5の部分における任意の位置の基板の上面からの距離は、任意の位置が媒体対向面から離れるに従って大きくなっている。媒体対向面に垂直な方向に対する第4および第5の部分の傾斜角度は、第5の部分の方が大きい。第3の部分と第6の部分は、実質的に媒体対向面に垂直な方向に延在している。

【0014】

本発明の磁気ヘッドにおいて、第1および第4の部分の傾斜角度はいずれも $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の範囲内であり、第2および第5の部分の傾斜角度はいずれも $45^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲内であってもよい。

【0015】

また、本発明の磁気ヘッドにおいて、媒体対向面に配置された主磁極の端面の幅は、基板の上面に近づくに従って小さくなってもよい。

【0016】

また、本発明の磁気ヘッドは、更に、磁性材料よりなり、媒体対向面において主磁極の端面に対して記録媒体の進行方向の前側に配置された端面を有する上部シールドと、非磁性材料よりなり、主磁極と上部シールドとの間に配置された部分を有するギャップ部とを備えていてもよい。この場合、磁気ヘッドは、更に、磁性材料よりなり、媒体対向面において主磁極の端面に対して記録媒体の進行方向の後側に配置された端面を有する下部シールドと、磁性材料よりなり、媒体対向面において主磁極の端面に対してトラック幅方向の両側に配置された2つの端面を有する第1および第2のサイドシールドを備えていてもよい。この場合、媒体対向面において、下部シールド、第1のサイドシールド、第2のサイドシールドおよび上部シールドの端面は、主磁極の端面の周りを囲むように配置され、ギャップ部は、主磁極と、下部シールド、第1のサイドシールド、第2のサイドシールドおよび上部シールドとの間に配置されている。

【0017】

また、主磁極は、トラック幅方向の両側に配置された第1および第2の側部を有し、第1のサイドシールドは、主磁極の第1の側部に対向する第1の側壁を有し、第2のサイドシールドは、主磁極の第2の側部に対向する第2の側壁を有していてもよい。この場合、

10

20

30

40

50

記媒体対向面において、トラック幅方向における第1および第2の側部の間隔と、トラック幅方向における第1および第2の側壁の間隔は、いずれも基板の上面に近づくに従って小さくなっていてもよい。

【0018】

また、本発明の磁気ヘッドは、更に、磁性材料よりなる第1の帰磁路部および第2の帰磁路部を備えていてもよい。第1の帰磁路部は、媒体対向面に配置された主磁極の端面と交差し、媒体対向面および基板の上面に垂直な断面において、媒体対向面に垂直な方向について下部シールドよりも大きな長さを有し、且つ下部シールドに対して磁氣的に接続されている。第2の帰磁路部は、上部シールドと主磁極とを磁氣的に連結している。この場合、コイルは、主磁極と第1の帰磁路部とによって囲まれた空間を通過する第1の部分と、主磁極と第2の帰磁路部とによって囲まれた空間を通過する第2の部分とを含んでいてもよい。

10

【0019】

第1の帰磁路部は、下部シールドと主磁極とを磁氣的に連結していてもよい。また、第1の帰磁路部は、ヨーク層と、下部シールドとヨーク層とを磁氣的に連結する連結層とを含んでいてもよい。この場合、媒体対向面に配置された主磁極の端面と交差し、媒体対向面および基板の上面に垂直な断面において、ヨーク層は、媒体対向面に垂直な方向について下部シールドよりも大きな長さを有し、連結層は、媒体対向面に垂直な方向について下部シールドよりも大きくヨーク層よりも小さな長さを有している。

【発明の効果】

20

【0020】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、主磁極の下端部の第1および第2の部分における任意の位置の基板の上面からの距離は、任意の位置が媒体対向面から離れるに従って小さくなり、媒体対向面に垂直な方向に対する第1および第2の部分の傾斜角度は、第2の部分の方が大きい。また、主磁極の上面の第4および第5の部分における任意の位置の基板の上面からの距離は、任意の位置が媒体対向面から離れるに従って大きくなり、媒体対向面に垂直な方向に対する第4および第5の部分の傾斜角度は、第5の部分の方が大きい。これにより、本発明によれば、媒体対向面の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、スキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させることが可能になるという効果を奏する。

30

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドにおける主磁極と2つのサイドシールドを示す平面図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドの一部を示す斜視図である。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す斜視図である。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドにおける主磁極の媒体対向面の近傍の部分を示す斜視図である。

40

【図7】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドにおける主磁極の媒体対向面の近傍の部分を示す断面図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法における一工程を示す説明図である。

【図9】図8に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図10】図9に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図11】図10に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図12】図11に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図13】図12に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図14】図13に示した工程に続く工程を示す説明図である。

50

【図 1 5】シミュレーションにおける第 1 の比較例のモデルを示す説明図である。
【図 1 6】シミュレーションにおける第 2 の比較例のモデルを示す説明図である。
【図 1 7】シミュレーションにおける第 1 の実施例のモデルを示す説明図である。
【図 1 8】シミュレーションにおける第 2 の実施例のモデルを示す説明図である。
【図 1 9】シミュレーションにおける第 3 の実施例のモデルを示す説明図である。
【図 2 0】シミュレーションの結果を示す特性図である。
【図 2 1】シミュレーションの結果を示す特性図である。
【図 2 2】シミュレーションの結果を示す特性図である。
【図 2 3】本発明の第 2 の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。
【図 2 4】本発明の第 3 の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。
【図 2 5】本発明の第 4 の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。
【図 2 6】本発明の第 5 の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。
【図 2 7】本発明の第 6 の実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。
【発明を実施するための形態】

【0022】

[第 1 の実施の形態]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。始めに、図 1 ないし図 5 を参照して、本発明の第 1 の実施の形態に係る磁気ヘッドの構成について説明する。図 1 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。なお、図 1 は媒体対向面および基板の上面に垂直な断面を示している。図 1 において記号 T で示す矢印は、記録媒体の進行方向を表している。図 2 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドの媒体対向面を示す正面図である。図 3 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドにおける主磁極と 2 つのサイドシールドを示す平面図である。図 4 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドの一部を示す斜視図である。図 5 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す斜視図である。図 2 ないし図 5 において記号 TW で示す矢印は、トラック幅方向を表している。

【0023】

図 1 および図 2 に示したように、本実施の形態に係る垂直磁気記録用磁気ヘッド（以下、単に磁気ヘッドと記す。）は、アルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイド（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）等のセラミック材料よりなり、上面 1 a を有する基板 1 と、この基板 1 の上面 1 a 上に配置されたアルミナ（ Al_2O_3 ）等の絶縁材料よりなる絶縁層 2 と、この絶縁層 2 の上に配置された磁性材料よりなる下部再生シールド層 3 と、この下部再生シールド層 3 の上に配置された絶縁膜である下部再生シールドギャップ膜 4 と、この下部再生シールドギャップ膜 4 の上に配置された生素子としての MR（磁気抵抗効果）素子 5 と、この MR 素子 5 の上に配置された絶縁膜である上部再生シールドギャップ膜 6 と、この上部再生シールドギャップ膜 6 の上に配置された磁性材料よりなる上部再生シールド層 7 とを備えている。

【0024】

MR 素子 5 の一端部は、記録媒体に対向する媒体対向面 3 0 に配置されている。MR 素子 5 には、AMR（異方性磁気抵抗効果）素子、GMR（巨大磁気抵抗効果）素子あるいは TMR（トンネル磁気抵抗効果）素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。GMR 素子としては、磁氣的信号検出用の電流を、GMR 素子を構成する各層の面に対してほぼ平行な方向に流す CIP（Current In Plane）タイプでもよいし、磁氣的信号検出用の電流を、GMR 素子を構成する各層の面に対してほぼ垂直な方向に流す CPP（Current Perpendicular to Plane）タイプでもよい。

【0025】

下部再生シールド層 3 から上部再生シールド層 7 までの部分は、再生ヘッドを構成する。磁気ヘッドは、更に、非磁性材料よりなり、上部再生シールド層 7 の上に配置された非磁性層 8 と、非磁性層 8 の上に配置された記録ヘッドとを備えている。非磁性層 8 は、例えばアルミナによって形成されている。記録ヘッドは、コイルと、主磁極 1 2 と、シールド 1 3 と、ギャップ部とを備えている。

【 0 0 2 6 】

コイルは、第 1 の部分 1 1 と第 2 の部分 1 8 とを含んでいる。第 1 の部分 1 1 と第 2 の部分 1 8 は、いずれも平面渦巻き形状をなしている。また、第 1 の部分 1 1 と第 2 の部分 1 8 は、直列または並列に接続されている。図 1 において、符号 1 1 a は、第 1 の部分 1 1 のうち、第 2 の部分 1 8 に接続される接続部を示し、符号 1 8 a は、第 2 の部分 1 8 のうち、第 1 の部分 1 1 に接続される接続部を示している。磁気ヘッドは、更に、それぞれ導電材料よりなり、接続部 1 1 a の上に順に積層された接続層 5 1 , 5 2 , 5 3 を備えている。接続部 1 8 a は、接続層 5 3 の上に配置されている。

【 0 0 2 7 】

第 1 および第 2 の部分 1 1 , 1 8 を含むコイルは、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。主磁極 1 2 は、媒体対向面 3 0 に配置された端面を有し、コイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させると共に、垂直磁気記録方式によって情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する。図 1 は、媒体対向面 3 0 に配置された主磁極 1 2 の端面と交差し、媒体対向面 3 0 および基板 1 の上面 1 a に垂直な断面（以下、主断面と言う。）を示している。

【 0 0 2 8 】

シールド 1 3 は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面の周りを囲むように配置された端面を有している。シールド 1 3 は、磁性材料によって形成されている。シールド 1 3 の材料としては、例えば CoFeN、CoNiFe、NiFe、CoFe のいずれかを用いることができる。

【 0 0 2 9 】

磁気ヘッドは、更に、主磁極 1 2 およびシールド 1 3 に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された第 1 のリターンヨーク層 2 1 と、主磁極 1 2 およびシールド 1 3 に対して記録媒体の進行方向 T の前側に配置された第 2 のリターンヨーク層 2 9 とを備えている。第 1 および第 2 のリターンヨーク層 2 1 , 2 9 は、磁性材料によって形成されている。これらの材料としては、例えば CoFeN、CoNiFe、NiFe、CoFe のいずれかを用いることができる。第 1 のリターンヨーク層 2 1 は、本発明におけるヨーク層に対応する。

【 0 0 3 0 】

磁気ヘッドは、更に、主磁極 1 2 と第 1 のリターンヨーク層 2 1 とを磁氣的に連結する連結層 6 1 , 6 2 と、主磁極 1 2 と第 2 のリターンヨーク層 2 9 とを磁氣的に連結する連結層 6 3 , 6 4 と、シールド 1 3 と第 1 のリターンヨーク層 2 1 とを磁氣的に連結する連結層 6 5 と、シールド 1 3 と第 2 のリターンヨーク層 2 9 とを磁氣的に連結する連結層 6 6 とを備えている。連結層 6 1 ~ 6 6 は、いずれも磁性材料によって形成されている。これらの材料としては、例えば CoFeN、CoNiFe、NiFe、CoFe のいずれかを用いることができる。

【 0 0 3 1 】

第 1 のリターンヨーク層 2 1 は、非磁性層 8 の上に配置されている。連結層 6 5 は、第 1 のリターンヨーク層 2 1 の上に配置されている。第 1 のリターンヨーク層 2 1 および連結層 6 5 は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面およびシールド 1 3 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された端面を有している。磁気ヘッドは、更に、第 1 のリターンヨーク層 2 1 の周囲において非磁性層 8 の上に配置された絶縁材料よりなる図示しない絶縁層と、第 1 のリターンヨーク層 2 1 の上面の一部の上に配置された絶縁材料よりなる絶縁層 2 2 とを備えている。第 1 のリターンヨーク層 2 1 の周囲に配置された絶縁層と、絶縁層 2 2 は、例えばアルミナによって形成されている。第 1 の部分 1 1 は、絶縁層 2 2 の上に配置されている。

【 0 0 3 2 】

連結層 6 1 は、媒体対向面 3 0 から離れた位置において、第 1 のリターンヨーク層 2 1 の上に配置されている。第 1 の部分 1 1 は、連結層 6 1 を中心として巻回されている。

【 0 0 3 3 】

磁気ヘッドは、更に、第 1 の部分 1 1 の巻線間および周囲ならびに連結層 6 1 の周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層 2 3 と、絶縁層 2 3 および連結層 6 5 の周囲に配置された図示しない絶縁層とを備えている。第 1 の部分 1 1、連結層 6 1、6 5、絶縁層 2 3 および図示しない絶縁層の上面は平坦化されている。絶縁層 2 3 は、例えばフォトレジストによって形成されている。図示しない絶縁層は、例えばアルミナによって形成されている。第 1 の部分 1 1 は、銅等の導電材料によって形成されている。連結層 6 2 は、連結層 6 1 の上に配置されている。接続層 5 1 は、第 1 の部分 1 1 の接続部 1 1 a の上に配置されている。

【 0 0 3 4 】

磁気ヘッドは、更に、接続層 5 1 および連結層 6 2 の周囲において第 1 の部分 1 1 および絶縁層 2 3 の上面の上に配置された絶縁材料よりなる絶縁層 2 5 を備えている。絶縁層 2 5 は、例えばアルミナによって形成されている。

【 0 0 3 5 】

シールド 1 3 は、磁氣的に連結された下部シールド 1 3 A、第 1 のサイドシールド 1 3 B、第 2 のサイドシールド 1 3 C および上部シールド 1 3 D を有している。第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B、1 3 C は、主磁極 1 2 のトラック幅方向 T W の両側に配置されている。下部シールド 1 3 A は、第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B、1 3 C に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置されている。上部シールド 1 3 D は、第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B、1 3 C に対して記録媒体の進行方向 T の前側に配置されている。

【 0 0 3 6 】

下部シールド 1 3 A は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された端面を有している。第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B、1 3 C は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対してトラック幅方向 T W の両側に配置された 2 つの端面を有している。上部シールド 1 3 D は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の前側に配置された端面を有している。下部シールド 1 3 A、第 1 のサイドシールド 1 3 B、第 2 のサイドシールド 1 3 C および上部シールド 1 3 D の端面は、主磁極 1 2 の端面の周りを囲むように配置されている。

【 0 0 3 7 】

主磁極 1 2 は、基板 1 の上面 1 a により近い端部である下端部 1 2 L と、下端部 1 2 L とは反対側の上面 1 2 T と、トラック幅方向 T W の両側に配置された第 1 および第 2 の側部 S P 1、S P 2 とを有している。第 1 のサイドシールド 1 3 B は、主磁極 1 2 の第 1 の側部 S P 1 に対向する第 1 の側壁 S W 1 を有している。第 2 のサイドシールド 1 3 C は、主磁極 1 2 の第 2 の側部 S P 2 に対向する第 2 の側壁 S W 2 を有している。

【 0 0 3 8 】

ギャップ部は、非磁性材料よりなり、主磁極 1 2 とシールド 1 3 との間に設けられている。ギャップ部は、主磁極 1 2 と下部シールド 1 3 A およびサイドシールド 1 3 B、1 3 C との間に配置された第 1 のギャップ層 2 7 と、主磁極 1 2 と上部シールド 1 3 D との間に配置された第 2 のギャップ層 1 4 とを含んでいる。

【 0 0 3 9 】

下部シールド 1 3 A は、連結層 6 5 の上に配置されている。第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B、1 3 C は、下部シールド 1 3 A の上に配置され、下部シールド 1 3 A の上面に接している。第 1 のギャップ層 2 7 は、第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B、1 3 C の側壁、下部シールド 1 3 A の上面および絶縁層 2 5 の上面に沿って配置されている。第 1 のギャップ層 2 7 は、非磁性材料によって形成されている。第 1 のギャップ層 2 7 を構成する非磁性材料は、絶縁材料でもよいし、非磁性金属材料でもよい。第 1 のギャップ層 2 7 を構成する絶縁材料としては、例えばアルミナが用いられる。第 1 のギャップ層 2 7 を構成する非磁性金属材料としては、例えば R u が用いられる。

【 0 0 4 0 】

図示しないが、磁気ヘッドは、更に、第1のギャップ層27の表面に沿って配置されたシード層を備えている。シード層は、金属材料によって形成されている。シード層を構成する金属材料は、非磁性金属材料でもよいし、金属磁性材料でもよい。シード層を構成する非磁性金属材料としては、例えばRuが用いられる。シード層を構成する金属磁性材料としては、例えば、NiFe、CoNiFe、CoFeのいずれかを用いることができる。シード層は、主磁極12をめっき法で形成する際に電極およびシードとして用いられる。シード層の厚みは、例えば40~60nmの範囲内である。第1のギャップ層27およびシード層には、接続層51の上面を露出させる開口部と、連結層62の上面を露出させる開口部とが形成されている。接続層52は、接続層51の上に配置されている。

【0041】

10

主磁極12は、下部シールド13Aおよび絶縁層25の上面と主磁極12との間に第1のギャップ層27が介在するように、下部シールド13Aおよび絶縁層25の上に配置されている。また、図2に示したように、主磁極12と第1および第2のサイドシールド13B, 13Cとの間にも、第1のギャップ層27が介在している。

【0042】

媒体対向面30から離れた位置において、主磁極12の下端部12Lは、連結層62の上面に接している。主磁極12は、金属磁性材料によって形成されている。主磁極12の材料としては、例えば、NiFe、CoNiFe、CoFeのいずれかを用いることができる。主磁極12の形状については、後で詳しく説明する。

【0043】

20

磁気ヘッドは、更に、主磁極12、下部シールド13A、サイドシールド13B, 13Cおよび接続層52の周囲に配置された非磁性材料よりなる非磁性層26を備えている。本実施の形態では、特に、非磁性層26は、アルミナ等の非磁性絶縁材料よりなる。

【0044】

磁気ヘッドは、更に、媒体対向面30から離れた位置において、主磁極12の上面12Tの一部の上に配置された非磁性金属材料よりなる非磁性金属層58と、この非磁性金属層58の上面の上に配置された絶縁材料よりなる絶縁層59とを備えている。非磁性金属層58は、例えばRu、NiCrまたはNiCuによって形成されている。絶縁層59は、例えばアルミナによって形成されている。

【0045】

30

第2のギャップ層14は、主磁極12、非磁性金属層58および絶縁層59を覆うように配置されている。第2のギャップ層14は、非磁性材料によって形成されている。第2のギャップ層14の材料は、アルミナ等の非磁性絶縁材料でもよいし、Ru、NiCu、Ta、W、NiB、NiP等の非磁性導電材料でもよい。

【0046】

上部シールド13Dは、サイドシールド13B, 13Cおよび第2のギャップ層14の上に配置され、サイドシールド13B, 13Cおよび第2のギャップ層14の上面に接している。媒体対向面30において、上部シールド13Dの端面の一部は、主磁極12の端面に対して、第2のギャップ層14の厚みによる所定の間隔を開けて配置されている。第2のギャップ層14の厚みは、5~60nmの範囲内であることが好ましく、例えば30~60nmの範囲内である。主磁極12の端面は、第2のギャップ層14に隣接する辺を有し、この辺はトラック幅を規定している。

40

【0047】

連結層63は、媒体対向面30から離れた位置において主磁極12の上に配置されている。接続層53は接続層52の上に配置されている。磁気ヘッドは、更に、上部シールド13D、連結層63および接続層53の周囲に配置された非磁性層46を備えている。非磁性層46は、例えば無機絶縁材料によって形成されている。この無機絶縁材料としては、例えばアルミナまたはシリコン酸化物が用いられる。上部シールド13D、連結層63、接続層53および非磁性層46の上面は平坦化されている。

【0048】

50

連結層 6 6 は、上部シールド 1 3 D の上に配置されている。連結層 6 6 は、媒体対向面 3 0 に配置された端面を有している。連結層 6 4 は連結層 6 3 の上に配置されている。第 2 の部分 1 8 の接続部 1 8 a は接続層 5 3 の上に配置されている。

【 0 0 4 9 】

磁気ヘッドは、更に、非磁性層 4 6 の上面の一部の上に配置された絶縁材料よりなる絶縁層 1 7 を備えている。絶縁層 1 7 は、例えばアルミナによって形成されている。第 2 の部分 1 8 は、絶縁層 1 7 の上に配置されている。第 2 の部分 1 8 は、連結層 6 4 を中心として巻回されている。

【 0 0 5 0 】

磁気ヘッドは、更に、第 2 の部分 1 8 の巻線間および周囲ならびに連結層 6 4 の周囲に配置された絶縁材料よりなる絶縁層 1 9 と、絶縁層 1 9 および連結層 6 6 の周囲に配置された図示しない絶縁層とを備えている。第 2 の部分 1 8、連結層 6 4、6 6、絶縁層 1 9 および図示しない絶縁層の上面は平坦化されている。磁気ヘッドは、更に、第 2 の部分 1 8 および絶縁層 1 9 を覆うように配置された絶縁層 2 0 を備えている。絶縁層 1 9 は、例えばフォトレジストによって形成されている。図示しない絶縁層および絶縁層 2 0 は、例えばアルミナによって形成されている。第 2 の部分 1 8 は、銅等の導電材料によって形成されている。

【 0 0 5 1 】

第 2 のリターンヨーク層 2 9 は、連結層 6 6 と連結層 6 4 とを連結するように配置されている。第 2 のリターンヨーク層 2 9 は、媒体対向面 3 0 に配置された端面を有している。

【 0 0 5 2 】

磁気ヘッドは、更に、非磁性材料よりなり、第 2 のリターンヨーク層 2 9 を覆うように配置された保護層 4 2 を備えている。保護層 4 2 は、例えば、アルミナ等の無機絶縁材料によって形成されている。

【 0 0 5 3 】

以上説明したように、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面 3 0 と再生ヘッドと記録ヘッドとを備えている。再生ヘッドと記録ヘッドは、基板 1 の上に積層されている。再生ヘッドは記録媒体の進行方向 T の後側（スライダにおける空気流入端側）に配置され、記録ヘッドは記録媒体の進行方向 T の前側（スライダにおける空気流出端側）に配置されている。

【 0 0 5 4 】

再生ヘッドは、再生素子としての M R 素子 5 と、媒体対向面 3 0 側の一部が M R 素子 5 を挟んで対向するように配置された、M R 素子 5 をシールドするための下部再生シールド層 3 および上部再生シールド層 7 と、M R 素子 5 と下部再生シールド層 3 との間に配置された下部再生シールドギャップ膜 4 と、M R 素子 5 と上部再生シールド層 7 との間に配置された上部再生シールドギャップ膜 6 とを備えている。

【 0 0 5 5 】

記録ヘッドは、第 1 および第 2 の部分 1 1、1 8 を含むコイルと、主磁極 1 2 と、シールド 1 3 と、ギャップ部と、第 1 および第 2 のリターンヨーク層 2 1、2 9 と、連結層 6 1 ~ 6 6 とを備えている。

【 0 0 5 6 】

連結層 6 5、第 1 のリターンヨーク層 2 1 および連結層 6 1、6 2 は、第 1 の帰磁路部 6 0 を構成している。本実施の形態では、特に、第 1 の帰磁路部 6 0 は、下部シールド 1 3 A と主磁極 1 2 とを磁氣的に連結している。連結層 6 6、第 2 のリターンヨーク層 2 9 および連結層 6 3、6 4 は、上部シールド 1 3 D と主磁極 1 2 とを磁氣的に連結する第 2 の帰磁路部 6 7 を構成している。第 1 および第 2 の帰磁路部 6 0、6 7 は、いずれも磁性材料よりなる。コイルの第 1 の部分 1 1 は、主磁極 1 2 と第 1 の帰磁路部 6 0 とによって囲まれた空間を通過している。コイルの第 2 の部分 1 8 は、主磁極 1 2 と第 2 の帰磁路部 6 7 とによって囲まれた空間を通過している。

【 0 0 5 7 】

シールド 1 3 は、主磁極 1 2 のトラック幅方向 T W の両側に配置された第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B , 1 3 C と、第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B , 1 3 C に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された下部シールド 1 3 A と、第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B , 1 3 C に対して記録媒体の進行方向 T の前側に配置された上部シールド 1 3 D とを有している。第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B , 1 3 C は、媒体対向面 3 0 の近傍において、主磁極 1 2 のトラック幅方向 T W の中心に対して対称な位置に配置されている。

【 0 0 5 8 】

下部シールド 1 3 A は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面の端面に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された端面を有している。第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B , 1 3 C は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対してトラック幅方向 T W の両側に配置された 2 つの端面を有している。上部シールド 1 3 D は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の前側に配置された端面を有している。

【 0 0 5 9 】

第 1 の帰磁路部 6 0 は、第 1 のリターンヨーク層 2 1 と、下部シールド 1 3 A と第 1 のリターンヨーク層 2 1 とを磁氣的に連結する連結層 6 5 とを含んでいる。図 1 に示したように、前記主断面において、第 1 のリターンヨーク層 2 1 は、媒体対向面 3 0 に垂直な方向について下部シールド 1 3 A よりも大きな長さを有している。前記主断面において、連結層 6 5 は、媒体対向面 3 0 に垂直な方向について下部シールド 1 3 A よりも大きく第 1 のリターンヨーク層 2 1 よりも小さな長さを有している。本実施の形態では、前記主断面において、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての第 1 の帰磁路部 6 0 の長さは、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての第 1 のリターンヨーク層 2 1 の長さと等しい。前記主断面において、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての下部シールド 1 3 A の長さは、例えば $0.1 \sim 0.25 \mu\text{m}$ の範囲内である。前記主断面において、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての連結層 6 5 の長さは、例えば $0.3 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の範囲内である。

【 0 0 6 0 】

また、下部シールド 1 3 A は、第 1 のギャップ層 2 7 を介して主磁極 1 2 に対向する部分を含む中央部分と、この中央部分のトラック幅方向の両側に配置された 2 つの側方部分とを有している。媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての中央部分の長さは、トラック幅方向の位置によらずに一定である。従って、前記主断面における媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての下部シールド 1 3 A の長さは、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての中央部分の長さと等しい。媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての側方部分の最大の長さは、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての中央部分の長さよりも大きい。下部シールド 1 3 A と同様に、上部シールド 1 3 D も、中央部分と、2 つの側方部分とを有している。

【 0 0 6 1 】

ギャップ部は、主磁極 1 2 と下部シールド 1 3 A およびサイドシールド 1 3 B , 1 3 C との間に配置された第 1 のギャップ層 2 7 と、主磁極 1 2 と上部シールド 1 3 D との間に配置された第 2 のギャップ層 1 4 とを含んでいる。

【 0 0 6 2 】

次に、図 6 および図 7 を参照して、主磁極 1 2 の形状について詳しく説明する。図 6 は、主磁極 1 2 の媒体対向面 3 0 の近傍の部分を示す斜視図である。図 7 は、主磁極 1 2 の媒体対向面 3 0 の近傍の部分を示す断面図である。図 6 に示したように、主磁極 1 2 は、媒体対向面 3 0 に配置された端面とその反対側の端部とを有するトラック幅規定部 1 2 A と、トラック幅規定部 1 2 A の端部に接続された幅広部 1 2 B とを含んでいる。また、図 6 および図 7 に示したように、主磁極 1 2 は、基板 1 の上面 1 a により近い端部である下端部 1 2 L と、下端部 1 2 L とは反対側の上面 1 2 T と、第 1 の側部 S P 1 と、第 2 の側部 S P 2 とを有している。幅広部 1 2 B における上面 1 2 T のトラック幅方向 T W の幅は、トラック幅規定部 1 2 A における上面 1 2 T のトラック幅方向 T W の幅よりも大きい。

【0063】

トラック幅規定部12Aにおける上面12Tのトラック幅方向TWの幅は、媒体対向面30からの距離によらずにほぼ一定である。幅広部12Bにおける上面12Tのトラック幅方向TWの幅は、例えば、トラック幅規定部12Aとの境界位置ではトラック幅規定部12Aにおける上面12Tのトラック幅方向TWの幅と等しく、媒体対向面30から離れるに従って、徐々に大きくなった後、一定の大きさになっている。ここで、媒体対向面30に垂直な方向についてのトラック幅規定部12Aの長さをネックハイトと呼ぶ。ネックハイトは、例えば0~0.3 μ mの範囲内である。ネックハイトが0の場合は、トラック幅規定部12Aがなく、幅広部12Bの端面が媒体対向面30に配置される。

【0064】

下端部12Lは、媒体対向面30に近い順に、連続するように配置された第1の部分12L1、第2の部分12L2および第3の部分12L3を含んでいる。第1の部分12L1は、媒体対向面30に配置された端部を有している。第1および第2の部分12L1、12L2は、2つの面が交わってできるエッジでもよいし、2つの面を連結する面でもよい。第3の部分12L3は、実質的に媒体対向面30に垂直な方向に延在する面になっている。上面12Tは、媒体対向面30に近い順に、連続するように配置された第4の部分12T1、第5の部分12T2および第6の部分12T3を含んでいる。第4の部分12T1は、媒体対向面30に配置された端部を有している。

【0065】

図7に示したように、第1および第2の部分12L1、12L2における任意の位置の基板1の上面1aからの距離は、任意の位置が媒体対向面30から離れるに従って小さくなっている。媒体対向面30に垂直な方向に対する第2の部分12L2の傾斜角度 $\angle L_2$ は、媒体対向面30に垂直な方向に対する第1の部分12L1の傾斜角度 $\angle L_1$ よりも大きい。第3の部分12L3は、実質的に媒体対向面30に垂直な方向に延在している。下部シールド13Aは、ギャップ部(第1のギャップ層27)を介して第1の部分12L1に対向する上面を有している。この下部シールド13Aの上面における任意の位置の基板1の上面1aからの距離は、任意の位置が媒体対向面30から離れるに従って小さくなっている。

【0066】

また、第4および第5の部分12T1、12T2における任意の位置の基板1の上面1aからの距離は、任意の位置が媒体対向面30から離れるに従って大きくなっている。媒体対向面30に垂直な方向に対する第5の部分12T2の傾斜角度 $\angle T_2$ は、媒体対向面30に垂直な方向に対する第4の部分12T1の傾斜角度 $\angle T_1$ よりも大きい。第6の部分12T3は、実質的に媒体対向面30に垂直な方向に延在している。上部シールド13Dは、ギャップ部(第2のギャップ層14)を介して第4および第5の部分12T1、12T2に対向する下面を有している。上部シールド13Dの下面における任意の位置の基板1の上面1aからの距離は、任意の位置が媒体対向面30から離れるに従って大きくなっている。

【0067】

第1の部分12L1の傾斜角度 $\angle L_1$ および第4の部分12T1の傾斜角度 $\angle T_1$ は、いずれも、15°~45°の範囲内であることが好ましい。第2の部分12L2の傾斜角度 $\angle L_2$ および第5の部分12T2の傾斜角度 $\angle T_2$ は、いずれも、45°~85°の範囲内であることが好ましい。

【0068】

また、図6に示したように、媒体対向面30に配置された主磁極12の端面は、第2のギャップ層14に隣接する第1の辺A1と、第1の辺A1の一端部に接続された第2の辺A2と、第1の辺A1の他端部に接続された第3の辺A3とを有している。第1の辺A1はトラック幅を規定する。記録媒体に記録される記録ビットの端部の位置は、第1の辺A1の位置によって決まる。媒体対向面30に配置された主磁極12の端面のトラック幅方向TWの幅は、主磁極12の下端12Lに近づくに従って、すなわち基板1の上面1aに

10

20

30

40

50

近づくに従って小さくなっている。第2の辺A2と第3の辺A3がそれぞれ基板1の上面に垂直な方向に対してなす角度は、例えば $7^{\circ} \sim 17^{\circ}$ の範囲内であり、 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の範囲内であることが好ましい。第1の辺A1の長さは、例えば $0.05 \sim 0.20 \mu\text{m}$ の範囲内である。

【0069】

ここで、図7に示したように、媒体対向面30における主磁極12の厚み（基板1の上面1aに垂直な方向の長さ）を D_1 とし、第3の部分12L3と第6の部分12T3との距離を D_2 とする。また、基板1の上面1aに垂直な方向における第1の部分12L1の両端間の、同方向の長さを D_{L1} とする。また、基板1の上面1aに垂直な方向における第2の部分12L2の両端間の、同方向の長さを D_{L2} とする。また、基板1の上面1aに垂直な方向における第4の部分12T1の両端間の、同方向の長さを D_{T1} とする。また、基板1の上面1aに垂直な方向における第5の部分12T2の両端間の、同方向の長さを D_{T2} とする。例えば、 D_1 は $0.05 \sim 0.2 \mu\text{m}$ の範囲内であり、 D_2 は $0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$ の範囲内である。また、例えば、 D_{L1} は0より大きく $0.3 \mu\text{m}$ 以下であり、 D_{L2} は $0.15 \sim 0.3 \mu\text{m}$ の範囲内である。また、例えば、 D_{T1} は0より大きく $0.3 \mu\text{m}$ 以下であり、 D_{T2} は $0.15 \sim 0.3 \mu\text{m}$ の範囲内である。

【0070】

なお、図6には、第2の部分12L2と第3の部分12L3の境界位置と媒体対向面30との間の距離と、第5の部分12T2と第6の部分12T3の境界位置と媒体対向面30との間の距離が、いずれも、トラック幅規定部12Aと幅広部12Bとの境界位置と媒体対向面30との間の距離すなわちネックハイトと等しい例を示している。しかし、第2の部分12L2と第3の部分12L3の境界位置と媒体対向面30との間の距離と、第5の部分12T2と第6の部分12T3の境界位置と媒体対向面30との間の距離は、それぞれ、ネックハイトよりも小さくてもよいし、大きくてもよい。

【0071】

図2に示したように、媒体対向面30において、トラック幅方向TWにおける主磁極12の第1および第2の側部SP1, SP2の間隔は、基板1の上面1aに近づくに従って小さくなっている。同様に、媒体対向面30において、トラック幅方向TWにおけるサイドシールド13B, 13Cにおける第1および第2の側壁SW1, SW2の間隔は、基板1の上面1aに近づくに従って小さくなっている。媒体対向面30において、第1の側部SP1と第1の側壁SW1は実質的に平行であり、第2の側部SP2と第2の側壁SW1も実質的に平行である。媒体対向面30において、第1の側部SP1と第1の側壁SW1との間隔と、第2の側部SP2と第2の側壁SW2との間隔は等しい。ここで、これらの間隔を G_1 とする。 G_1 は、例えば $20 \sim 80 \text{ nm}$ の範囲内である。また、媒体対向面30において、主磁極12の下端部12Lと下部シールド13Aとの間隔を G_2 とする。 G_2 は、 G_1 よりも大きく、 G_1 の3倍以下である。この関係は、側壁SW1, SW2を有するサイドシールド13B, 13Cを形成した後に第1のギャップ層27および主磁極12を形成することによって実現される。

【0072】

次に、本実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法について説明する。本実施の形態に係る磁気ヘッドの製造方法では、まず、図1および図2に示したように、基板1の上に、絶縁層2、下部再生シールド層3、下部再生シールドギャップ膜4を順に形成する。次に、下部再生シールドギャップ膜4の上にMR素子5と、このMR素子5に接続される図示しないリードとを形成する。次に、MR素子5およびリードを、上部再生シールドギャップ膜6で覆う。次に、上部再生シールドギャップ膜6の上に上部再生シールド層7、非磁性層8を順に形成する。

【0073】

次に、例えばフレイムめっき法によって、非磁性層8の上に第1のリターンヨーク層21を形成する。次に、積層体の上面全体の上に図示しない絶縁層を形成する。次に、例えば化学機械研磨（以下、CMPと記す。）によって、第1のリターンヨーク層21が露出

するまで、絶縁層を研磨して、第 1 のリターンヨーク層 2 1 およびその周囲の絶縁層の上面を平坦化する。

【 0 0 7 4 】

次に、第 1 のリターンヨーク層 2 1 およびその周囲の絶縁層の上面のうち、後にコイルの第 1 の部分 1 1 が配置される領域の上に絶縁層 2 2 を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、絶縁層 2 2 の上に第 1 の部分 1 1 を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、第 1 のリターンヨーク層 2 1 の上に連結層 6 1 , 6 5 を形成する。なお、連結層 6 1 , 6 5 を形成した後に、第 1 の部分 1 1 を形成してもよい。

【 0 0 7 5 】

次に、第 1 の部分 1 1 の巻線間および周囲ならびに連結層 6 1 の周囲に絶縁層 2 3 を形成する。次に、積層体の上面全体の上に、図示しない絶縁層を形成する。次に、例えば CMP によって、第 1 の部分 1 1 および連結層 6 1 , 6 5 が露出するまで、図示しない絶縁層を研磨して、第 1 の部分 1 1 、連結層 6 1 , 6 5 、絶縁層 2 3 および図示しない絶縁層の上面を平坦化する。

【 0 0 7 6 】

次に、図 8 ないし図 1 4 を参照して、上記の工程の後、主磁極 1 2 の上面 1 2 T の形状を決定する工程までの一連の工程について説明する。図 8 ないし図 1 4 は、磁気ヘッドの製造過程における積層体を示している。図 8 ないし図 1 4 において、(a) は、それぞれ、媒体対向面 3 0 および基板 1 の上面 1 a に垂直な断面を表している。図 8 ないし図 1 4 において、(b) は、それぞれ、積層体における媒体対向面 3 0 が形成される予定の位置における断面を示している。なお、図 8 ないし図 1 4 では、絶縁層 2 5 よりも基板 1 側の部分を省略している。また、図 8 ないし図 1 4 の (a) において、記号 “ A B S ” は、媒体対向面 3 0 が形成される予定の位置を表している。

【 0 0 7 7 】

図 8 は、第 1 の部分 1 1 、連結層 6 1 , 6 5 、絶縁層 2 3 および図示しない絶縁層の上面を平坦化した後の工程を示している。この工程では、まず、例えばフレームめっき法によって、連結層 6 5 の上に下部シールド 1 3 A を形成し、連結層 6 1 の上に連結層 6 2 を形成し、第 1 の部分 1 1 の接続部 1 1 a の上に接続層 5 1 を形成する。次に、積層体の上面全体の上に、絶縁層 2 5 を形成する。次に、例えば CMP によって、下部シールド 1 3 A 、連結層 6 2 および接続層 5 1 が露出するまで絶縁層 2 5 を研磨して、下部シールド 1 3 A 、連結層 6 2 、接続層 5 1 および絶縁層 2 5 の上面を平坦化する。

【 0 0 7 8 】

次に、下部シールド 1 3 A の上に、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C を形成する。以下、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C の形成方法の一例について説明する。この方法では、まず、ポジ型のフォトリソグレイス層をフォトリソグラフィによってパターニングすることによって、下部シールド 1 3 A の上面上であって、後にサイドシールド 1 3 B , 1 3 C が形成される領域に、第 1 のレジスト層を形成する。第 1 のレジスト層は、後に形成されるサイドシールド 1 3 B , 1 3 C の形状に対応した形状を有する 2 つの部分を持っている。次に、第 1 のレジスト層を覆うように、非磁性材料よりなる分離膜を形成する。分離膜は、ポジ型のフォトリソグレイス層よりなる第 1 のレジスト層と、後に形成されるネガ型のフォトリソグレイス層よりなるフォトリソグレイス層とが混合されることを防止するためのものである。分離膜の材料としては、例えばアルミナまたは合成樹脂が用いられる。

【 0 0 7 9 】

次に、ネガ型のフォトリソグレイス層よりなるフォトリソグレイス層をフォトリソグラフィによってパターニングすることによって、分離膜の上に、後に型となる第 2 のレジスト層を形成する。第 2 のレジスト層は、後に形成されるサイドシールド 1 3 B , 1 3 C の形状に対応した形状の 2 つの開口部を有している。次に、例えばウェットエッチングによって、分離膜のうち、第 2 のレジスト層によって覆われていない部分を除去する。次に、第 1 および第 2 のレジスト層を露光した後、例えばアルカリ性の現像液を用いて、第 2 のレジスト層の 2 つの開口部から第 1 のレジスト層を除去する。また、第 1 のレジスト層を除去する際

または第 1 のレジスト層を除去した後に、分離膜のうち、第 2 のレジスト層の 2 つの開口部の壁面に沿った部分を除去する。この工程により、第 2 のレジスト層は、後にサイドシールド 13B, 13C が形成される領域を除く領域に形成された型となる。次に、シード層を形成することなくめっきを行って、下部シールド 13A の上面に、サイドシールド 13B, 13C を形成する。サイドシールド 13B, 13C は、それぞれ、型の 2 つの開口部内に形成される。次に、型と分離膜を除去する。

【0080】

図 8 (b) は、このようにして形成されたサイドシールド 13B, 13C を示している。媒体対向面 30 が形成される予定の位置 ABS の近傍において、サイドシールド 13B, 13C は、互いに対向する側壁を有している。サイドシールド 13B, 13C の側壁の間では、下部シールド 13A の上面が露出している。

10

【0081】

図 9 は、次の工程を示す。この工程では、下部シールド 13A およびサイドシールド 13B, 13C の上にマスク 71 を形成する。このマスク 71 は、フォトリソ層をパターンニングして形成される。図 9 (a) に示したように、マスク 71 は、下部シールド 13A のうち、絶縁層 25 との境界の近傍の一部を覆っていない。

【0082】

図 10 は、次の工程を示す。この工程では、マスク 71 と下部シールド 13A をエッチングマスクとして用いて、絶縁層 25 をエッチングする。このエッチングは、エッチングによって形成される底部が、当初の絶縁層 25 の上面と下面の間の高さの位置に達するまで行う。また、このエッチングは、例えば反応性イオンエッチングを用いて、図 10 (a) に示したように、下部シールド 13A と当初の絶縁層 25 との境界の近傍において、エッチング後の絶縁層 25 によって斜面 UL2 が形成される条件で行う。斜面 UL2 の傾斜角度は、後に形成される主磁極 12 の下端部 12L の第 2 の部分 12L2 の傾斜角度と等しい。次に、マスク 71 を除去する。

20

【0083】

図 11 は、次の工程を示す。この工程では、媒体対向面 30 が形成される予定の位置 ABS の近傍において、サイドシールド 13B, 13C の互いに対向する側壁と下部シールド 13A の上面のそれぞれの一部をエッチングする。このエッチングは、例えばイオンビームエッチングを用いて、図 11 (a) に示したように、サイドシールド 13B, 13C の互いに対向する側壁の間において、下部シールド 13A の上面に、斜面 UL2 に連続する斜面 UL1 が形成されるように行う。斜面 UL1 の傾斜角度は、後に形成される主磁極 12 の下端部 12L の第 1 の部分 12L1 の傾斜角度と等しい。また、図 11 (b) に示したように、このエッチングによって、サイドシールド 13B, 13C の側壁 SW1, SW2 の形状が決定される。

30

【0084】

図 12 は、次の工程を示す。この工程では、下部シールド 13A およびサイドシールド 13B, 13C を覆うように、第 1 のギャップ層 27 を形成する。第 1 のギャップ層 27 の材料としてアルミナを用いる場合には、例えば原子層堆積法によって、第 1 のギャップ層 27 を形成する。第 1 のギャップ層 27 の材料として Ru を用いる場合には、例えば化学的気相成長法によって、第 1 のギャップ層 27 を形成する。

40

【0085】

図 13 は、次の工程を示す。この工程では、まず、図示しないが、例えばスパッタ法またはイオンビームデポジション法によって、積層体の上面全体の上にシード層を形成する。次に、第 1 のギャップ層 27 およびシード層を選択的にエッチングして、第 1 のギャップ層 27 およびシード層に、連結層 62 の上面を露出させる開口部と、接続層 51 の上面を露出させる開口部とを形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、後に主磁極 12 となる磁性層 12P と接続層 52 を形成する。磁性層 12P および接続層 52 は、その上面がシード層のうちサイドシールド 13B, 13C の上に配置された部分の上面よりも上方に配置されるように形成される。

50

【 0 0 8 6 】

図 1 4 は、次の工程を示す。この工程では、まず、図示しないが、第 1 のギャップ層 2 7 および磁性層 1 2 P を覆うように非磁性層 2 6 を形成する。次に、例えば C M P によって、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C が露出するまで、非磁性層 2 6 および第 1 のギャップ層 2 7 を研磨する。次に、磁性層 1 2 P およびサイドシールド 1 3 B , 1 3 C の上に、後に非磁性金属層 5 8 となる第 1 のマスク層と、後に絶縁層 5 9 となる第 2 のマスク層とを形成する。次に、第 1 および第 2 のマスク層をエッチングマスクとして、例えばイオンビームエッチングによって、磁性層 1 2 P、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C および第 1 のギャップ層 2 7 のそれぞれの一部をエッチングする。これにより、第 1 のマスク層は非磁性金属層 5 8 となり、第 2 のマスク層は絶縁層 5 9 となり、磁性層 1 2 P は主磁極 1 2 となる。

10

【 0 0 8 7 】

イオンビームエッチングによって磁性層 1 2 P、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C および第 1 のギャップ層 2 7 のそれぞれの一部をエッチングする場合には、イオンビームの進行方向が基板 1 の上面 1 a に垂直な方向に対してなす角度が $40^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の範囲内となり、且つ基板 1 の上面 1 a に垂直な方向に見たときにイオンビームの進行方向が回転するようにする。このようなイオンビームエッチングを行うことにより、磁性層 1 2 P の上面には、第 4 の部分 1 2 T 1、第 5 の部分 1 2 T 2 および第 6 の部分 1 2 T 3 が形成される。このようにして主磁極 1 2 の上面 1 2 T の形状が決定される。

20

【 0 0 8 8 】

以下、図 1 および図 2 を参照して、図 1 4 に示した工程の後の工程について説明する。まず、積層体の上面全体の上に、例えばスパッタ法または化学的気相成長法によって、第 2 のギャップ層 1 4 を形成する。次に、例えばイオンビームエッチングによって、主磁極 1 2 の上面 1 2 T の一部、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C の上面の一部および接続層 5 2 の上面が露出するように、第 2 のギャップ層 1 4、非磁性金属層 5 8 および絶縁層 5 9 を選択的にエッチングする。次に、例えばフレームめっき法によって、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C および第 2 のギャップ層 1 4 の上に上部シールド 1 3 D を形成し、主磁極 1 2 の上に連結層 6 3 を形成し、接続層 5 2 の上に接続層 5 3 を形成する。

【 0 0 8 9 】

次に、積層体の上面全体の上に非磁性層 4 6 を形成する。次に、例えば C M P によって、上部シールド 1 3 D、連結層 6 3 および接続層 5 3 が露出するまで、非磁性層 4 6 を研磨して、上部シールド 1 3 D、連結層 6 3、接続層 5 3 および非磁性層 4 6 の上面を平坦化する。

30

【 0 0 9 0 】

次に、非磁性層 4 6 の上面のうち、コイルの第 2 の部分 1 8 が配置される領域の上に絶縁層 1 7 を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、絶縁層 1 7 の上に第 2 の部分 1 8 を形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、上部シールド 1 3 D および非磁性層 4 6 の上に連結層 6 6 を形成し、連結層 6 3 の上に連結層 6 4 を形成する。なお、連結層 6 4 , 6 6 を形成した後に、第 2 の部分 1 8 を形成してもよい。

【 0 0 9 1 】

次に、第 2 の部分 1 8 の巻線間および周囲ならびに連結層 6 4 の周囲に絶縁層 1 9 を形成する。次に、積層体の上面全体の上に、図示しない絶縁層を形成する。次に、例えば C M P によって、第 2 の部分 1 8 および連結層 6 4 , 6 6 が露出するまで、図示しない絶縁層を研磨して、第 2 の部分 1 8、連結層 6 4 , 6 6、絶縁層 1 9 および図示しない絶縁層の上面を平坦化する。

40

【 0 0 9 2 】

次に、例えばスパッタ法によって、積層体の上面全体の上に絶縁層 2 0 を形成する。次に、絶縁層 2 0 を選択的にエッチングすることによって、絶縁層 2 0 に、連結層 6 4 の上面を露出させる開口部と連結層 6 6 の上面を露出させる開口部とを形成する。次に、例えばフレームめっき法によって、第 2 のリターンヨーク層 2 9 を形成する。

50

【 0 0 9 3 】

次に、積層体の上面全体を覆うように保護層 4 2 を形成する。次に、保護層 4 2 の上に配線や端子等を形成し、位置 A B S の近傍で基板 1 を切断し、この切断によって形成された面を研磨して媒体対向面 3 0 を形成し、更に浮上用レールの作製等を行って、磁気ヘッドが完成する。

【 0 0 9 4 】

次に、本実施の形態に係る磁気ヘッドの作用および効果について説明する。この磁気ヘッドでは、記録ヘッドによって記録媒体に情報を記録し、再生ヘッドによって、記録媒体に記録されている情報を再生する。記録ヘッドにおいて、第 1 および第 2 の部分 1 1 , 1 8 を含むコイルは、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。第 1 の部分 1 1 によって発生された磁界に対応する磁束は、連結層 6 1 , 6 2 および主磁極 1 2 を通過する。第 2 の部分 1 8 によって発生された磁界に対応する磁束は、連結層 6 4 , 6 3 および主磁極 1 2 を通過する。従って、主磁極 1 2 は、第 1 の部分 1 1 によって発生された磁界に対応する磁束と第 2 の部分 1 8 によって発生された磁界に対応する磁束とを通過させる。

【 0 0 9 5 】

なお、第 1 および第 2 の部分 1 1 , 1 8 は、直列に接続されていてもよいし、並列に接続されていてもよい。いずれにしても、主磁極 1 2 において、第 1 の部分 1 1 によって発生された磁界に対応する磁束と第 2 の部分 1 8 によって発生された磁界に対応する磁束が同じ方向に流れるように、第 1 および第 2 の部分 1 1 , 1 8 は接続される。

【 0 0 9 6 】

主磁極 1 2 は、上述のようにコイルによって発生された磁界に対応する磁束を通過させて、垂直磁気記録方式によって情報を記録媒体に記録するための記録磁界を発生する。

【 0 0 9 7 】

シールド 1 3 は、磁気ヘッドの外部から磁気ヘッドに印加された外乱磁界を取り込む。これにより、外乱磁界が主磁極 1 2 に集中して取り込まれることによって記録媒体に対して誤った記録が行なわれることを防止することができる。また、シールド 1 3 は、主磁極 1 2 の端面より発生されて記録媒体の面に垂直な方向以外の方向に広がる磁束を取り込んで、この磁束が記録媒体に達することを阻止する機能を有している。

【 0 0 9 8 】

また、シールド 1 3、第 1 のリターンヨーク層 2 1、第 2 のリターンヨーク層 2 9 および連結層 6 1 ~ 6 6 は、主磁極 1 2 の端面より発生されて、記録媒体を磁化した磁束を還流させる機能を有している。具体的に説明すると、主磁極 1 2 の端面より発生されて、記録媒体を磁化した磁束の一部は、シールド 1 3、連結層 6 5、第 1 のリターンヨーク層 2 1 および連結層 6 1 , 6 2 を通過して主磁極 1 2 に還流する。また、主磁極 1 2 の端面より発生されて、記録媒体を磁化した磁束の他の一部は、シールド 1 3、連結層 6 6、第 2 のリターンヨーク層 2 9 および連結層 6 4 , 6 3 を通過して主磁極 1 2 に還流する。

【 0 0 9 9 】

シールド 1 3 は、下部シールド 1 3 A、第 1 のサイドシールド 1 3 B、第 2 のサイドシールド 1 3 C および上部シールド 1 3 D を有している。下部シールド 1 3 A は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された端面を有している。第 1 および第 2 のサイドシールド 1 3 B , 1 3 C は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対してトラック幅方向 T W の両側に配置された 2 つの端面を有している。上部シールド 1 3 D は、媒体対向面 3 0 において主磁極 1 2 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の前側に配置された端面を有している。従って、本実施の形態によれば、主磁極 1 2 の端面に対して記録媒体の進行方向 T の前側および後側ならびにトラック幅方向 T W の両側において、主磁極 1 2 の端面より発生されて記録媒体の面に垂直な方向以外の方向に広がる磁束を取り込んで、この磁束が記録媒体に達することを抑制することができる。これにより、本実施の形態によれば、スキューに起因した隣接トラック消去の発生を抑制することができる。下部シールド 1 3 A と上部シールド 1 3 D は、スキューに起因した隣接トラック消去の発生を抑制することに寄与する他に、記録磁界の勾配を大きく

することに寄与する。サイドシールド 13B, 13C は、特に隣接トラック消去を抑制することへの寄与が大きい。このようなシールド 13 の機能により、本実施の形態によれば、記録密度を高めることができる。

【0100】

また、本実施の形態では、図 2 に示したように、媒体対向面 30 において、トラック幅方向 TW における主磁極 12 の第 1 および第 2 の側部 SP1, SP2 の間隔すなわち主磁極 12 の端面の幅は、基板 1 の上面 1a に近づくに従って小さくなっている。本実施の形態によれば、この特徴によっても、スキューに起因した隣接トラック消去の発生を抑制することができる。

【0101】

また、本実施の形態では、媒体対向面 30 において、トラック幅方向 TW におけるサイドシールド 13B, 13C における第 1 および第 2 の側壁 SW1, SW2 の間隔は、主磁極 12 の第 1 および第 2 の側部 SP1, SP2 の間隔と同様に、基板 1 の上面 1a に近づくに従って小さくなっている。従って、本実施の形態によれば、媒体対向面 30 において、第 1 の側部 SP1 と第 1 の側壁 SW1 との間隔、ならびに第 2 の側部 SP2 と第 2 の側壁 SW2 との間隔を、小さく、且つ均一にすることが可能になる。これにより、サイドシールド 13B, 13C によって、主磁極 12 の端面より発生されてトラック幅方向 TW の両側に広がる磁束を、効果的に取り込むことができる。その結果、本実施の形態によれば、特にサイドシールド 13B, 13C の機能を高めることが可能になり、スキューに起因した隣接トラック消去の発生をより効果的に抑制することが可能になる。

【0102】

ところで、シールド 13 で取り込んだ磁束を吸収できるような、体積が大きい磁性層がシールド 13 に磁氣的に接続されていないと、シールド 13 によって多くの磁束を取り込むことはできない。本実施の形態では、下部シールド 13A と主磁極 12 とを磁氣的に連結する第 1 の帰磁路部 60 (連結層 65、第 1 のリターンヨーク層 21 および連結層 61, 62) と、上部シールド 13D と主磁極 12 とを磁氣的に連結する第 2 の帰磁路部 67 (連結層 66、第 2 のリターンヨーク層 29 および連結層 63, 64) を備えている。このような構成により、シールド 13 で取り込んだ磁束は、第 1 および第 2 の帰磁路部 60, 67 を経由して主磁極 12 に流れ込む。本実施の形態では、シールド 13 に対して、体積が大きい磁性層である第 1 および第 2 の帰磁路部 60, 67 と主磁極 12 が磁氣的に接続されている。従って、本実施の形態によれば、シールド 13 によって多くの磁束を取り込むことが可能になり、その結果、前述のシールド 13 の効果を効果的に発揮させることができる。

【0103】

また、本実施の形態では、第 1 の帰磁路部 60 とは別に下部シールド 13A が設けられている。前記主断面において、第 1 の帰磁路部 60 は、媒体対向面 30 に垂直な方向について下部シールド 13A よりも大きな長さを有している。コイルの第 1 の部分 11 は、主磁極 12 と第 1 の帰磁路部 60 とによって囲まれた空間を通過している。このような構造により、本実施の形態によれば、第 1 のリターンヨーク層 21 が下部シールドを兼ねた構造に比べて、下部シールド 13A と主磁極 12 とを十分に近付けることが可能になり、その結果、シールド 13 の機能、特に下部シールド 13A の機能を高めることが可能になる。

【0104】

ここで、連結層 65 の役割について説明する。まず、連結層 65 がなく、下部シールド 13A と第 1 のリターンヨーク層 21 が磁氣的に連結されていない場合を考える。この場合、下部シールド 13A またはサイドシールド 13B, 13C で取り込まれて下方に向かった磁束は、第 1 のリターンヨーク層 21 の方へ流れることができないため、上方に向かうように戻る。その結果、下部シールド 13A またはサイドシールド 13B, 13C において、下方に向かう磁束と上方に向かう磁束が生じ、その結果、下部シールド 13A またはサイドシールド 13B, 13C で取り込まれた磁束の一部が媒体対向面 30 の外部に漏

れ出す。これにより、隣接トラック消去が生じるおそれがある。これに対し、連結層 6 5 によって下部シールド 1 3 A と第 1 のリターンヨーク層 2 1 が磁氣的に連結されていると、サイドシールド 1 3 B , 1 3 C で取り込まれた磁束は上方と下方へ分流し、下部シールド 1 3 A で取り込まれた磁束は主に下方に向かう。これにより、下部シールド 1 3 A またはサイドシールド 1 3 B , 1 3 C で取り込まれた磁束の一部が媒体対向面 3 0 の外部に漏れ出すことによる隣接トラック消去の発生が防止される。

【 0 1 0 5 】

ところで、前記主断面において、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての下部シールド 1 3 A の長さが大きすぎると、主磁極 1 2 から下部シールド 1 3 A への磁束の漏れが多くなり、主磁極 1 2 によって多くの磁束を媒体対向面 3 0 まで導くことができなくなる。そのため、前記主断面において、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての下部シールド 1 3 A の長さは大きすぎないようにする必要がある。この場合、前記主断面において、媒体対向面 3 0 に垂直な方向についての連結層 6 5 の長さが下部シールド 1 3 A の長さと同じか、それより小さい場合には、連結層 6 5 によって下部シールド 1 3 A から第 1 のリターンヨーク層 2 1 へ多くの磁束を導くことができなくなる。これに対し、本実施の形態では、前記主断面において、連結層 6 5 は、媒体対向面 3 0 に垂直な方向について下部シールド 1 3 A よりも大きく第 1 のリターンヨーク層 2 1 よりも小さな長さを有している。これにより、本実施の形態によれば、連結層 6 5 によって下部シールド 1 3 A から第 1 のリターンヨーク層 2 1 へ多くの磁束を導くことが可能になる。

10

20

【 0 1 0 6 】

また、本実施の形態では、主磁極 1 2 の下端 1 2 L は、媒体対向面 3 0 に近い順に、連続するように配置された第 1 の部分 1 2 L 1、第 2 の部分 1 2 L 2 および第 3 の部分 1 2 L 3 を含んでいる。主磁極 1 2 の上面 1 2 T は、媒体対向面 3 0 に近い順に、連続するように配置された第 4 の部分 1 2 T 1、第 5 の部分 1 2 T 2 および第 6 の部分 1 2 T 3 を含んでいる。第 1 および第 2 の部分 1 2 L 1 , 1 2 L 2 における任意の位置の基板 1 の上面 1 a からの距離は、任意の位置が媒体対向面 3 0 から離れるに従って小さくなっている。第 4 および第 5 の部分 1 2 T 1 , 1 2 T 2 における任意の位置の基板 1 の上面 1 a からの距離は、任意の位置が媒体対向面 3 0 から離れるに従って大きくなっている。これにより、本実施の形態によれば、媒体対向面 3 0 における主磁極 1 2 の厚みを小さくすることができることから、スキューに起因した隣接トラック消去の発生を抑制することができる。しかも、本実施の形態によれば、媒体対向面 3 0 から離れた位置では主磁極 1 2 の厚みを大きくすることができることから、主磁極 1 2 によって多くの磁束を媒体対向面 3 0 まで導くことができ、その結果、オーバーライト特性等の記録特性を向上させることができる。

30

【 0 1 0 7 】

また、本実施の形態では、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する第 2 の部分 1 2 L 2 の傾斜角度 $\angle L_2$ は、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する第 1 の部分 1 2 L 1 の傾斜角度 $\angle L_1$ よりも大きく、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する第 5 の部分 1 2 T 2 の傾斜角度 $\angle T_2$ は、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する第 4 の部分 1 2 T 1 の傾斜角度 $\angle T_1$ よりも大きい。これにより、本実施の形態によれば、媒体対向面 3 0 の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、上述のようにスキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させることが可能になる。以下、この効果について詳しく説明する。

40

【 0 1 0 8 】

まず、以下のような形状の比較例の主磁極を考える。この比較例の主磁極の下端は、本実施の形態における第 1 および第 2 の部分 1 2 L 1 , 1 2 L 2 の代りに、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する傾斜角度が一定の第 1 の斜面を有している。第 1 の斜面における任意の位置の基板 1 の上面 1 a からの距離は、任意の位置が媒体対向面 3 0 から離れるに従って小さくなっている。また、比較例の主磁極の上面は、本実施の形態における第 4 および第 5 の部分 1 2 T 1 , 1 2 T 2 の代りに、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する傾斜角度が一定の第 2 の斜面を有している。第 2 の斜面における任意の位置の基板 1 の上面 1 a

50

からの距離は、任意の位置が媒体対向面 30 から離れるに従って大きくなっている。

【0109】

比較例の主磁極において、第1および第2の斜面の傾斜角度が、例えば L_1, T_1 のように小さい場合には、主磁極の最大の厚みを本実施の形態における主磁極 12 と同程度に大きくするためには、第1および第2の斜面を長く形成する必要があるが生じる。しかし、そのような主磁極を形成することは難しい。従って、この場合には、媒体対向面 30 から離れた位置における主磁極の厚みを大きくすることが困難になり、その結果、記録特性が劣ってしまう。

【0110】

一方、比較例の主磁極において、第1および第2の斜面の傾斜角度が、例えば L_2, T_2 のように大きい場合には、研磨によって形成される媒体対向面 30 の位置が変動すると、媒体対向面 30 における主磁極の厚みが大きく変動し、その結果、記録特性が大きく変動してしまう。

【0111】

このように、比較例の主磁極では、媒体対向面 30 の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、スキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させることは困難である。

【0112】

これに対し、本実施の形態における主磁極 12 では、第1および第4の部分 12 L1, 12 T1 の傾斜角度 L_1, T_1 を小さくすることによって、媒体対向面 30 の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制することができる。しかも、この主磁極 12 では、第2および第5の部分 12 L2, 12 T2 の傾斜角度 L_2, T_2 を大きくすることによって、図7に示した媒体対向面 30 における主磁極 12 の厚み D1 を小さくしながら、第3の部分 12 L3 と第6の部分 12 T3 との距離 D2 を大きくすることができ、その結果、スキューに起因した問題の発生を防止でき、且つ記録特性を向上させることができる。このように、本実施の形態によれば、媒体対向面 30 の位置の変動に伴う記録特性の変動を抑制しながら、スキューに起因した問題の発生を防止し、且つ記録特性を向上させることが可能になる。

【0113】

次に、本実施の形態における主磁極 12 の上記の形状による効果を示すシミュレーションの結果について説明する。図15ないし図19は、それぞれシミュレーションで使用した主磁極のモデルを示している。図15は第1の比較例の主磁極 112 を示し、図16は第2の比較例の主磁極 112 を示し、図17は第1の実施例の主磁極 12 を示し、図18は第2の実施例の主磁極 12 を示し、図19は第3の実施例の主磁極 12 を示している。第1ないし第3の実施例の主磁極 12 は、本実施の形態における主磁極 12 に対応する。また、図15ないし図19において、符号 100 は記録媒体を示している。

【0114】

図15に示した第1の比較例の主磁極 112 は、本実施の形態における主磁極 12 の下端部 12 L の代りに、媒体対向面 30 に垂直な方向に延びる下端部 112 L を有している。また、第1の比較例の主磁極 112 は、本実施の形態における主磁極 12 の上面 12 T の代りに上面 112 T を有している。この上面 112 T は、媒体対向面 30 に近い順に、連続するように配置された第1の部分 112 T1 と第2の部分 112 T2 とを含んでいる。第1の部分 112 T1 における任意の位置の基板 1 の上面 1a からの距離は、任意の位置が媒体対向面 30 から離れるに従って大きくなっている。ただし、媒体対向面 30 に垂直な方向に対する第1の部分 112 T1 の傾斜角度 γ は、一定である。第2の部分 112 T2 は、実質的に媒体対向面 30 に垂直な方向に延在している。

【0115】

図16に示した第2の比較例の主磁極 112 は、本実施の形態における主磁極 12 の下端部 12 L の代りに下端部 112 L を有している。この下端部 112 L は、媒体対向面 30 に近い順に、連続するように配置された第1の部分 112 L1 と第2の部分 112 L2

とを含んでいる。第 1 の部分 1 1 2 L 1 における任意の位置の基板 1 の上面 1 a からの距離は、任意の位置が媒体対向面 3 0 から離れるに従って小さくなっている。ただし、媒体対向面 3 0 に垂直な方向に対する第 1 の部分 1 1 2 L 1 の傾斜角度 θ_L は、一定である。第 2 の部分 1 1 2 L 2 は、実質的に媒体対向面 3 0 に垂直な方向に延在している。また、第 2 の比較例の主磁極 1 1 2 は、本実施の形態における主磁極 1 2 の上面 1 2 T の代りに上面 1 1 2 T を有している。この上面 1 1 2 T の形状は、第 1 の比較例と同じである。

【0116】

図 1 5 および図 1 6 に示したように、第 1 および第 2 の比較例の主磁極 1 1 2 において、媒体対向面 3 0 における主磁極 1 1 2 の厚み（基板 1 の上面 1 a に垂直な方向の長さ）を D_3 とし、主磁極 1 1 2 の最大の厚みを D_4 とする。図 1 5 に示した第 1 の比較例の主磁極 1 1 2 では、 D_3 は 1 0 0 nm であり、 D_4 は 2 2 0 nm であり、 θ_T は 2 4 ° である。図 1 6 に示した第 2 の比較例の主磁極 1 1 2 では、 D_3 は 1 0 0 nm であり、 D_4 は 3 2 0 nm であり、 θ_L と θ_T はいずれも 2 4 ° である。

【0117】

図 1 7 ないし図 1 9 に示した第 1 ないし第 3 の実施例の主磁極 1 2 では、 D_1 は 1 0 0 nm であり、 θ_{L1} と θ_{T1} はいずれも 2 0 ° であり、 θ_{L2} と θ_{T2} はいずれも 6 0 ° である。 D_2 は、第 1 の実施例の主磁極 1 2 では 3 9 0 nm であり、第 2 の実施例の主磁極 1 2 では 6 7 0 nm であり、第 3 の実施例の主磁極 1 2 では 8 5 0 nm である。

【0118】

シミュレーションでは、図 1 5 ないし図 1 9 に示した 5 つのモデルについて、記録電流 I_w (mA) の大きさを変えて記録磁界を求めた。図 2 0 ないし図 2 2 に、シミュレーションの結果を示す。図 2 0 は、記録電流 I_w (mA) と、媒体対向面 3 0 に垂直な方向の記録磁界成分 H_y (Oe) との関係を示している。なお、1 Oe は、7 9 . 6 A / m である。図 2 1 は、記録電流 I_w (mA) と実効記録磁界 H_{eff} (Oe) との関係を示している。図 2 0 および図 2 1 に示した記録磁界を求めたトラック方向の位置は、媒体対向面 3 0 と主磁極の上面が交わる位置である。実効記録磁界 H_{eff} とは、記録媒体 1 0 0 の磁気記録層の磁化を反転させて記録ビットを形成するために、磁気記録層に有効に作用する記録磁界である。媒体対向面 3 0 に平行な方向の記録磁界成分を H_p とすると、 H_{eff} は、以下の式で表される。

$$H_{eff} = (H_y^{2/3} + H_p^{2/3})^{3/2}$$

【0119】

図 2 2 は、記録電流 I_w が 3 0 mA のときの、記録磁界を求めたトラック方向の位置 (μm) と実効記録磁界 H_{eff} (Oe) との関係を示している。図 2 2 におけるトラック方向の位置は、以下のように表している。すなわち、媒体対向面 3 0 と主磁極の下端部が交わる位置を 0 とし、0 の位置よりも記録媒体の進行方向 T の前側（トレーリング側）の位置を正の値で表し、0 の位置よりも記録媒体の進行方向 T の後側（リーディング側）の位置を負の値で表している。

【0120】

図 2 0 ないし図 2 2 に示されるように、少なくとも記録電流 I_w が 3 0 ~ 6 0 mA の範囲内では、第 1 ないし第 3 の実施例の主磁極 1 2 による記録磁界が、第 1 および第 2 の比較例の主磁極 1 1 2 による記録磁界よりも大きくなっている。この結果から、本実施の形態における主磁極 1 2 を用いることにより、記録特性を向上させることが可能であることが分かる。

【0121】

なお、第 1 および第 2 の比較例の主磁極 1 1 2 において、記録磁界を大きくするために、 θ_L 、 θ_T を大きくすることによって主磁極 1 1 2 の最大の厚み D_4 を大きくすることも考えられる。しかし、その場合には、既に説明したように、研磨によって形成される媒体対向面 3 0 の位置が変動すると、媒体対向面 3 0 における主磁極 1 1 2 の厚みが大きく変動し、その結果、記録特性が大きく変動するという問題が発生する。また、第 1 および第 2 の比較例の主磁極 1 1 2 において、 θ_L 、 θ_T を小さくしながら主磁極 1 1 2 の最大

の厚みD4を大きくする場合には、第1の部分112T1, 112L1を長く形成する必要が生じる。しかし、既に説明したように、そのような主磁極を形成することは難しい。

【0122】

[第2の実施の形態]

次に、図23を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る磁気ヘッドについて説明する。図23は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。なお、図23は媒体対向面および基板の上面に垂直な断面、特に前記主断面を示している。

【0123】

本実施の形態に係る磁気ヘッドは、以下の点で第1の実施の形態に係る磁気ヘッドと異なっている。本実施の形態に係る磁気ヘッドでは、絶縁層19がコイルの第2の部分18を覆うように設けられている。本実施の形態では、第1の実施の形態における絶縁層20は設けられていない。また、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、第1の実施の形態における連結層66、第2のリターンヨーク層29および連結層64の代りに、磁性材料よりなる第2のリターンヨーク層80を備えている。第2のリターンヨーク層80は、上部シールド13Dと連結層63とを磁氣的に連結するように配置されている。また、第2のリターンヨーク層80は、媒体対向面30に配置された端面を有している。第2のリターンヨーク層80の材料としては、例えばCoFeN、CoNiFe、NiFe、CoFeのいずれかを用いることができる。

【0124】

本実施の形態では、第2のリターンヨーク層80および連結層63が、上部シールド13Dと主磁極12とを接続する第2の帰磁路部67を構成している。コイルの第2の部分18は、主磁極12と第2の帰磁路部67とによって囲まれた空間を通過している。

【0125】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第1の実施の形態と同様である。

【0126】

[第3の実施の形態]

次に、図24を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る磁気ヘッドについて説明する。図24は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。なお、図24は媒体対向面および基板の上面に垂直な断面、特に前記主断面を示している。

【0127】

本実施の形態に係る磁気ヘッドは、以下の点で第1の実施の形態に係る磁気ヘッドと異なっている。本実施の形態に係る磁気ヘッドでは、第1のリターンヨーク層21と連結層65は、媒体対向面30に露出していない。第1のリターンヨーク層21と連結層65は、それぞれ、媒体対向面30により近い端面を有し、これらの端面は、媒体対向面30から離れた位置に配置されている。また、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、第1のリターンヨーク層21の周囲において非磁性層8の上に配置された絶縁材料よりなる絶縁層81と、絶縁層23および連結層65の周囲に配置された絶縁層82とを備えている。第1のリターンヨーク層21の上記端面と媒体対向面30との間には絶縁層81の一部が介在している。連結層65の上記端面と媒体対向面30との間には絶縁層82の一部が介在している。

【0128】

また、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、コイルの第1の部分11、連結層61, 65および絶縁層23, 82の上面と、下部シールド13A、連結層62、接続層51および絶縁層25の下面との間に配置された連結層68, 69、接続層55および絶縁層70を備えている。連結層68, 69は、連結層61~66と同様の磁性材料によって形成されている。接続層55は、接続層51~53と同様の導電材料によって形成されている。また、本実施の形態では、特に、絶縁層82は、連結層65を構成する磁性材料よりも硬い無機絶縁材料、例えばアルミナによって形成されている。

【0129】

10

20

30

40

50

連結層 6 8 は、下部シールド 1 3 A と連結層 6 5 とを磁氣的に連結している。連結層 6 8 は、媒体対向面 3 0 において、下部シールド 1 3 A の端面に対して記録媒体の進行方向 T の後側に配置された端面を有している。また、前記主断面において、連結層 6 8 は、媒体対向面 3 0 に垂直な方向について下部シールド 1 3 A よりも大きく第 1 のリターンヨーク層 2 1 よりも小さな長さを有している。連結層 6 9 は、連結層 6 1 と連結層 6 2 とを磁氣的に連結している。接続層 5 5 は、第 1 の部分 1 1 の接続部 1 1 a と接続層 5 1 とを電氣的に接続している。絶縁層 7 0 は、連結層 6 8 , 6 9 および接続層 5 5 の周囲に配置されている。連結層 6 8 , 6 9 、接続層 5 5 および絶縁層 7 0 の上面は、平坦化されている。本実施の形態では、第 1 の帰磁路部 6 0 は、連結層 6 8 , 6 5 、第 1 のリターンヨーク層 2 1 および連結層 6 1 , 6 9 , 6 2 によって構成されている。

10

【 0 1 3 0 】

連結層 6 5 の端面が媒体対向面 3 0 に露出していると、コイルの第 1 の部分 1 1 が発生する熱によって絶縁層 2 3 が膨張し、その結果、媒体対向面 3 0 の一部である連結層 6 5 の端面が突出するおそれがある。これに対し、本実施の形態では、連結層 6 5 と媒体対向面 3 0 との間に、連結層 6 5 よりも硬い絶縁層 8 2 が存在している。この絶縁層 8 2 は、連結層 6 5 よりも広い領域に存在している。そのため、絶縁層 8 2 は、第 1 の部分 1 1 が発生する熱による連結層 6 5 の位置の変化を抑制する機能を有する。よって、本実施の形態によれば、第 1 の部分 1 1 が発生する熱によって媒体対向面 3 0 の一部が突出することを抑制することができる。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

20

【 0 1 3 1 】

なお、第 1 および第 2 の実施の形態では、連結層 6 5 の端面が媒体対向面 3 0 に露出しているため、上記の第 3 の実施の形態による効果は得られない。しかし、第 1 および第 2 の実施の形態では、第 3 の実施の形態における連結層 6 8 , 6 9 、接続層 5 5 および絶縁層 7 0 がないため、第 3 の実施の形態に比べて再生ヘッドと記録ヘッドとを近付けることができるという利点がある。また、第 1 および第 2 の実施の形態では、第 3 の実施の形態に比べて、コイルの第 1 の部分 1 1 を媒体対向面 3 0 に近付けることが可能になり、その結果、第 1 の帰磁路部 6 0 の磁路長を短くすることが可能になるという利点がある。

【 0 1 3 2 】

[第 4 の実施の形態]

30

次に、図 2 5 を参照して、本発明の第 4 の実施の形態に係る磁気ヘッドについて説明する。図 2 5 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。なお、図 2 5 は媒体対向面および基板の上面に垂直な断面、特に前記主断面を示している。

【 0 1 3 3 】

本実施の形態に係る磁気ヘッドは、以下の点で図 2 4 に示した第 3 の実施の形態に係る磁気ヘッドと異なっている。本実施の形態に係る磁気ヘッドでは、第 2 の実施の形態と同様に、絶縁層 2 0 は設けられておらず、絶縁層 1 9 がコイルの第 2 の部分 1 8 を覆うように設けられている。また、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、第 3 の実施の形態における連結層 6 6 、第 2 のリターンヨーク層 2 9 および連結層 6 4 の代りに、第 2 のリターンヨーク層 8 0 を備えている。第 2 のリターンヨーク層 8 0 は、上部シールド 1 3 D と連結層 6 3 とを磁氣的に連結するように配置されている。また、第 2 のリターンヨーク層 8 0 は、媒体対向面 3 0 に配置された端面を有している。本実施の形態では、第 2 のリターンヨーク層 8 0 および連結層 6 3 が、上部シールド 1 3 D と主磁極 1 2 とを接続する第 2 の帰磁路部 6 7 を構成している。コイルの第 2 の部分 1 8 は、主磁極 1 2 と第 2 の帰磁路部 6 7 とによって囲まれた空間を通過している。

40

【 0 1 3 4 】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 3 の実施の形態と同様である。

【 0 1 3 5 】

[第 5 の実施の形態]

50

次に、図 26 を参照して、本発明の第 5 の実施の形態に係る磁気ヘッドについて説明する。図 26 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。なお、図 26 は媒体対向面および基板の上面に垂直な断面、特に前記主断面を示している。

【0136】

本実施の形態に係る磁気ヘッドは、以下の点で図 24 に示した第 3 の実施の形態に係る磁気ヘッドと異なっている。本実施の形態に係る磁気ヘッドでは、連結層 66 と第 2 のリターンヨーク層 29 は、媒体対向面 30 に露出していない。連結層 66 と第 2 のリターンヨーク層 29 は、それぞれ、媒体対向面 30 により近い端面を有し、これらの端面は、媒体対向面 30 から離れた位置に配置されている。また、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、絶縁層 19 および連結層 66 の周囲に配置された絶縁層 41 を備えている。連結層 66 の上記端面と媒体対向面 30 との間には絶縁層 41 の一部が介在している。第 2 のリターンヨーク層 29 の上記端面と媒体対向面 30 との間には保護層 42 の一部が介在している。

10

【0137】

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 3 の実施の形態と同様である。

【0138】

[第 6 の実施の形態]

次に、図 27 を参照して、本発明の第 6 の実施の形態に係る磁気ヘッドについて説明する。図 27 は、本実施の形態に係る磁気ヘッドを示す断面図である。なお、図 27 は媒体対向面および基板の上面に垂直な断面、特に前記主断面を示している。

20

【0139】

本実施の形態に係る磁気ヘッドは、以下の点で図 23 に示した第 2 の実施の形態に係る磁気ヘッドと異なっている。本実施の形態に係る磁気ヘッドは、連結層 65 を備えていない。本実施の形態に係る磁気ヘッドは、絶縁層 23 の周囲に配置された絶縁層 82 を備えている。絶縁層 23 と媒体対向面 30 との間には、絶縁層 82 の一部が介在している。

【0140】

本実施の形態では、下部シールド 13A と第 1 のリターンヨーク層 21 は磁気的に接続されていない。従って、本実施の形態に係る磁気ヘッドは、第 1 の実施の形態における第 1 の帰磁路部 60 を備えていない。本実施の形態では、シールド 13 で取り込んだ磁束は、帰磁路部 67 のみを経由して主磁極 12 に流れ込む。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 2 の実施の形態と同様である。

30

【0141】

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、コイルの第 1 の部分 11 と第 2 の部分 18 を、平面渦巻き形状ではなく、それぞれ、媒体対向面 30 にほぼ平行な方向に延びる複数本のコイル要素を含むものとしてもよい。そして、第 1 の部分 11 の複数本のコイル要素と第 2 の部分 18 の複数本のコイル要素とを接続して、主磁極 12 の周りにヘリカル状に巻かれたコイルを形成してもよい。

【0142】

また、実施の形態では、基体側に再生ヘッドを形成し、その上に、記録ヘッドを積層した構造の磁気ヘッドについて説明したが、この積層順序を逆にしてもよい。

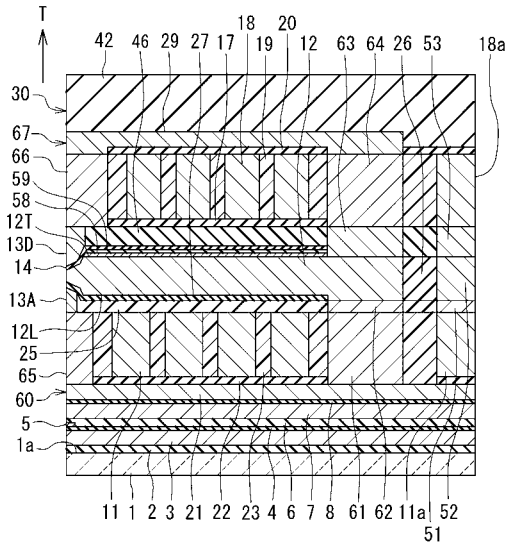
40

【符号の説明】

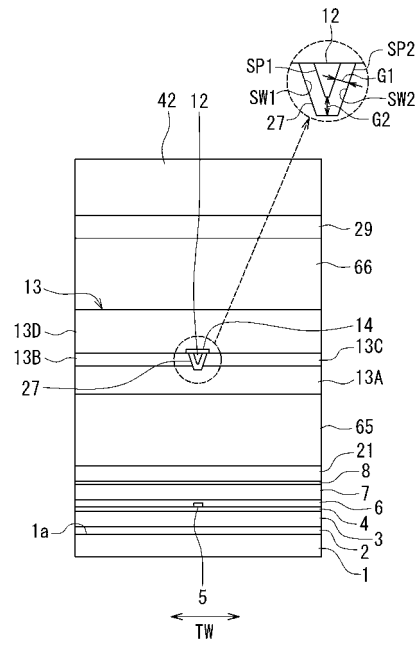
【0143】

12 ... 主磁極、12L ... 下端部、12L1 ... 第 1 の部分、12L2 ... 第 2 の部分、12L3 ... 第 3 の部分、12T ... 上面、12T1 ... 第 4 の部分、12T2 ... 第 5 の部分、12T3 ... 第 6 の部分、30 ... 媒体対向面。

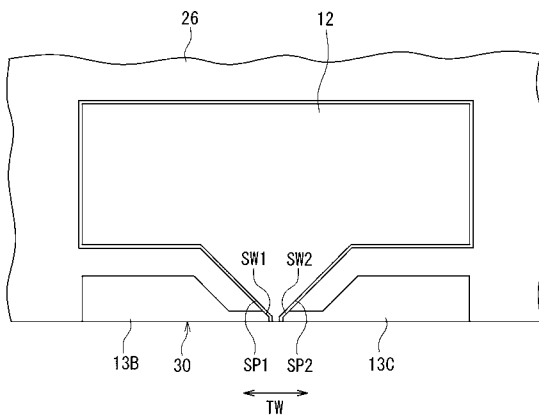
【図 1】



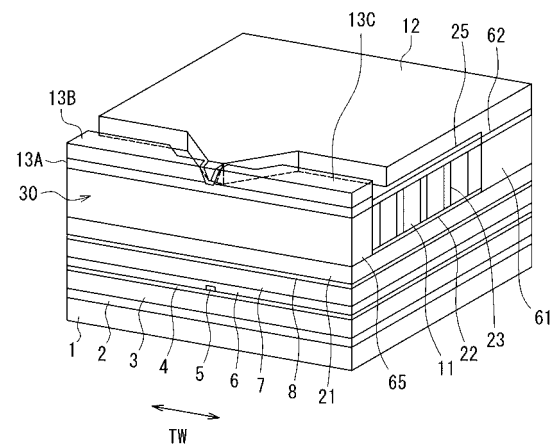
【図 2】



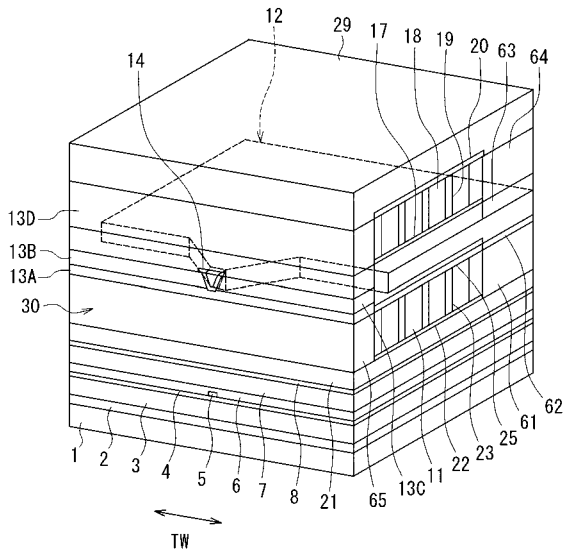
【図 3】



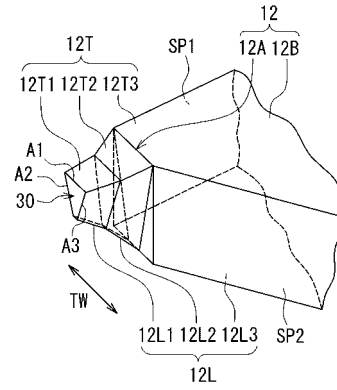
【図 4】



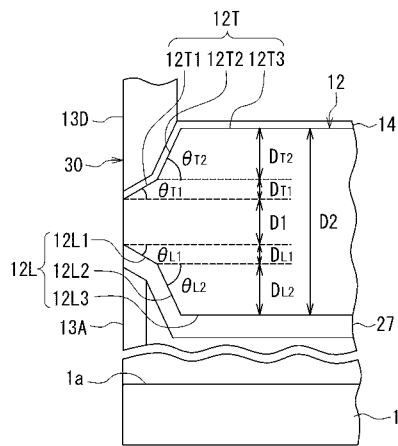
【図 5】



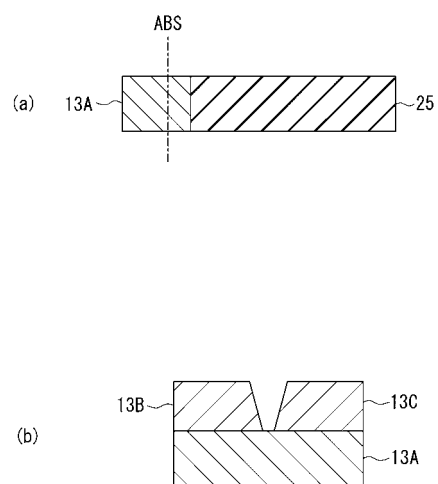
【図 6】



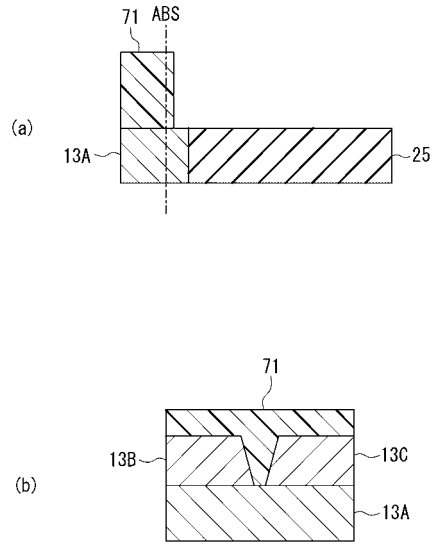
【図 7】



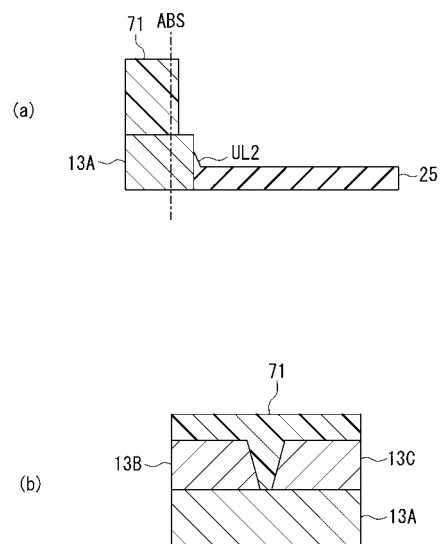
【図 8】



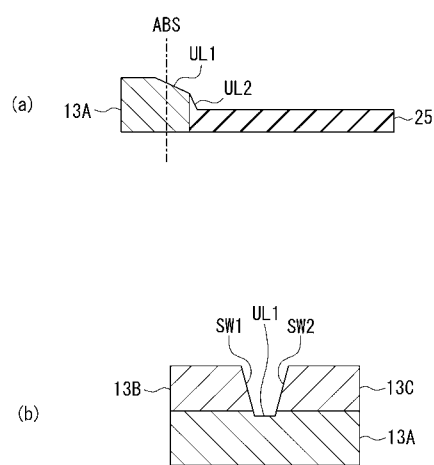
【図 9】



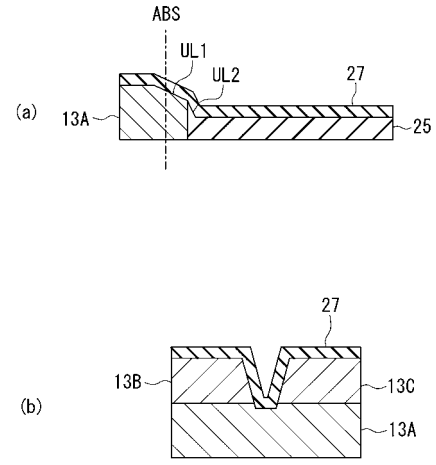
【図 10】



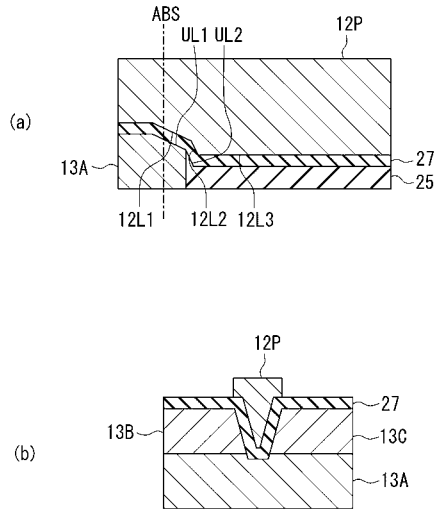
【図 11】



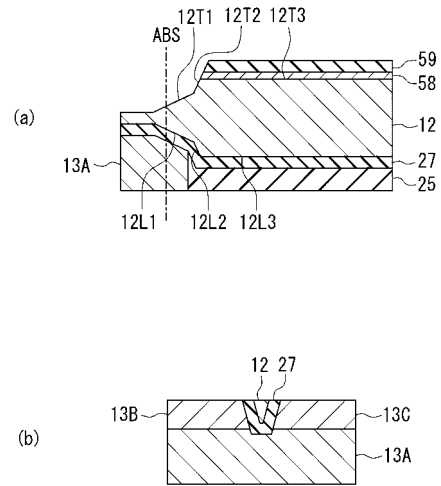
【図 12】



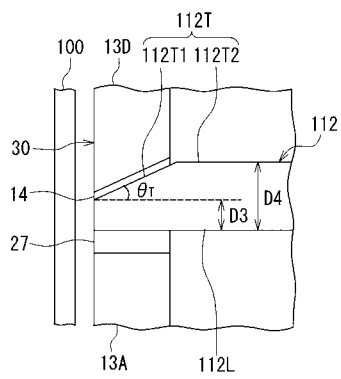
【図 13】



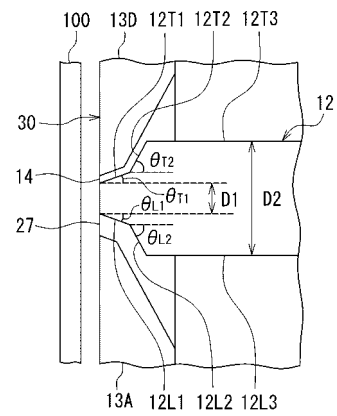
【図 14】



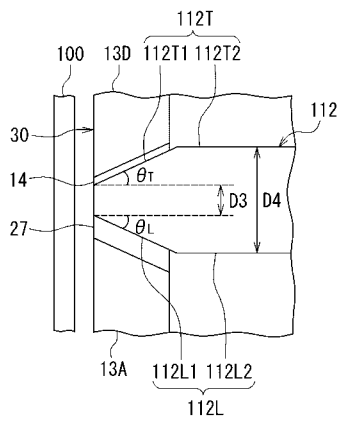
【図 15】



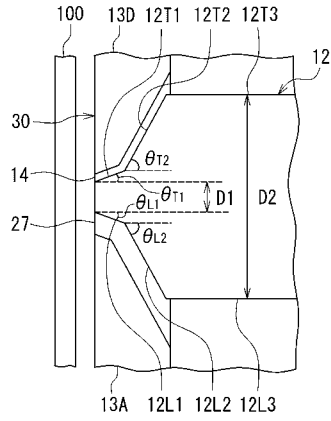
【図 17】



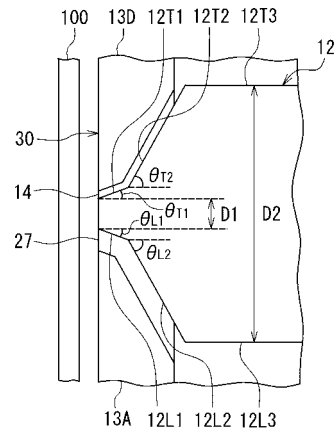
【図 16】



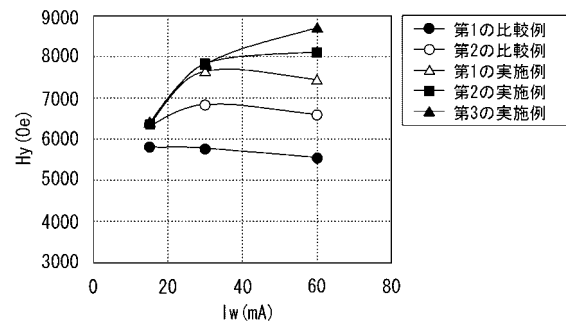
【図 18】



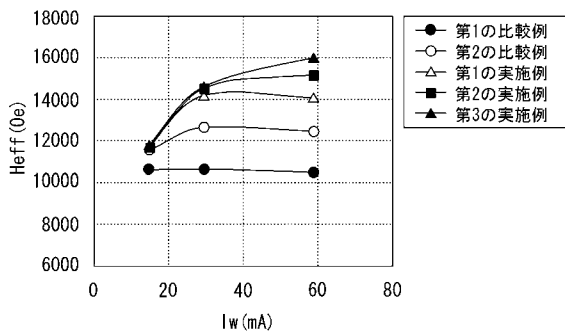
【図 19】



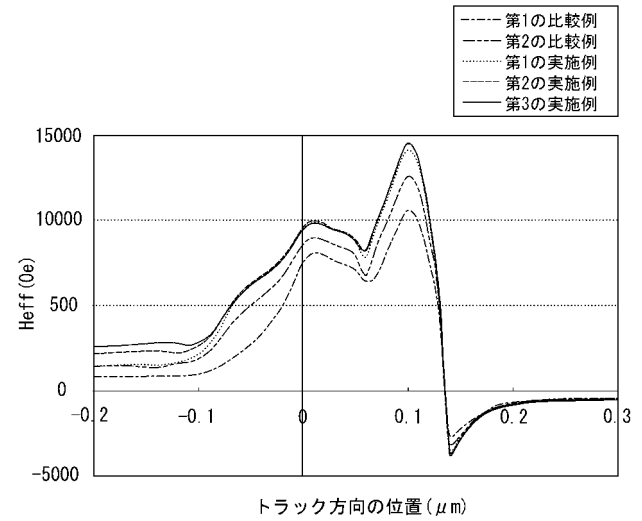
【図 20】



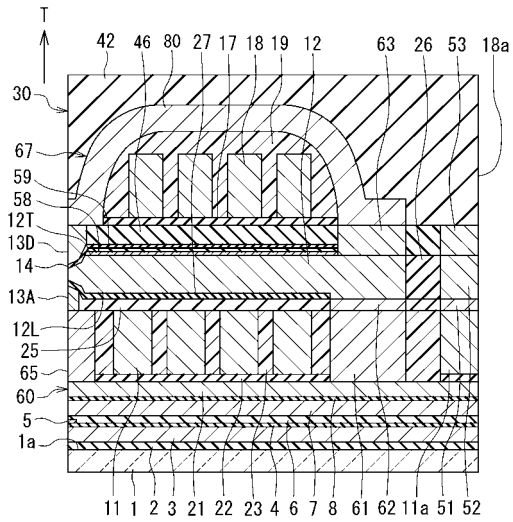
【図 21】



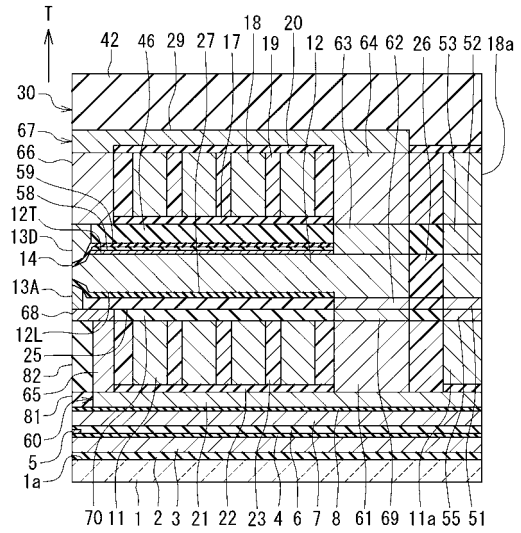
【図 22】



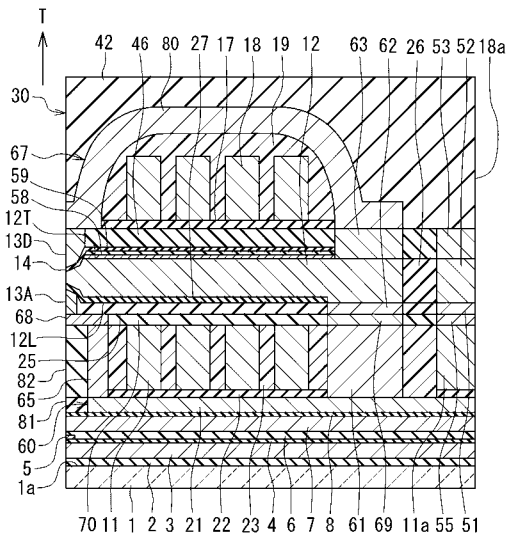
【図 2 3】



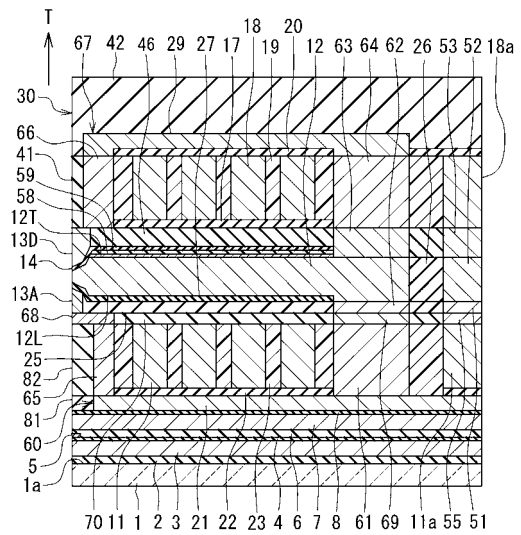
【図 2 4】



【図 2 5】



【図 2 6】



フロントページの続き

(71)出願人 500393893

新科實業有限公司

S A E M a g n e t i c s (H . K .) L t d .

香港新界沙田香港科學園科技大道東六號新科中心

S A E T e c h n o l o g y C e n t r e , 6 S c i e n c e P a r k E a s t A
v e n u e , H o n g K o n g S c i e n c e P a r k , S h a t i n , N . T . ,
H o n g K o n g

(74)代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

(72)発明者 佐々木 芳高

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 4 サンタクララ マーストン・レーン 4 3 2 5

(72)発明者 伊藤 浩幸

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
6 7 8 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内

(72)発明者 佐藤 一樹

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
6 7 8 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内

(72)発明者 種村 茂樹

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
6 7 8 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内

(72)発明者 荒木 宏典

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 3 5 ミルピタス サウス・ヒルビュー・ドライブ
6 7 8 ヘッドウェイテクノロジーズ インコーポレイテッド内

(72)発明者 飯島 淳

中華人民共和国 香港新界沙田香港科學園科技大道東六號新科中心 新科實業有限公司内

F ターム(参考) 5D033 AA05 BA07 BA12 BA37 BB21 BB43 CA02