

(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2004-342210

(P2004-342210A)

(43) 公開日 平成16年12月2日(2004.12.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 1 1 B 5/31

F I

G 1 1 B 5/31

C

テーマコード (参考)

5 D O 3 3

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2003-136697 (P2003-136697)	(71) 出願人	000003067 T D K 株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22) 出願日	平成15年5月15日 (2003.5.15)	(74) 代理人	100107559 弁理士 星宮 勝美
		(72) 発明者	青木 進 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ ィーディーケイ株式会社内
		(72) 発明者	乗附 康之 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ ィーディーケイ株式会社内
		(72) 発明者	渡部 裕一 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 テ ィーディーケイ株式会社内

最終頁に続く

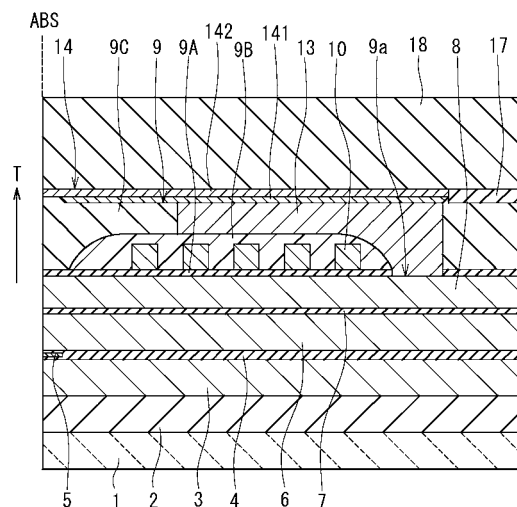
(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録用磁気ヘッドおよびその製造方法、ヘッドジンバルアセンブリならびにハードディスク装置

## (57) 【要約】

【課題】隣接トラックへの書き込みを防止しながら記録磁界強度の減少を抑制でき、且つ量産に適した垂直磁気記録用磁気ヘッドを実現する。

【解決手段】垂直磁気記録用磁気ヘッドにおける記録ヘッドは、コイル10と、コイル10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記録磁界を発生する主磁極層14と、補助磁極層8と、主磁極層14と補助磁極層8との間に設けられたギャップ層9と、主磁極層14と補助磁極層8とを磁氣的に連結するヨーク層13とを備えている。主磁極層14の上面は平坦である。主磁極層14において、厚みが大きくなり始める位置は、幅が大きくなり始める位置と媒体対向面A B Sとの間に配置されている。

【選択図】 図1



## 【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層と、  
前記主磁極層に対して記録媒体の進行方向について所定の間隔を開けて配置された補助磁極層と、  
非磁性材料よりなり、前記主磁極層と補助磁極層との間に設けられたギャップ層と、  
媒体対向面から離れた位置に配置された媒体対向面側の端部を有すると共に、前記主磁極層と前記補助磁極層とを磁氣的に連結するヨーク層とを備え、  
前記主磁極層は、  
媒体対向面から所定の距離だけ離れた第 1 の位置よりも媒体対向面に近い領域に配置され、  
媒体対向面からの距離によっては幅が変化しない第 1 の部分と、  
前記第 1 の位置よりも媒体対向面から遠い領域に配置され、前記第 1 の部分の幅よりも大きな幅を有する第 2 の部分とを有し、  
前記第 1 の部分は、ギャップ層側の第 1 面とその反対側の第 2 面とを有し、前記第 2 面は実質的に平坦であり、  
更に、前記第 1 の部分は、前記第 1 の位置と媒体対向面との間に配置された第 2 の位置よりも媒体対向面に近い領域では一定の厚みを有し、前記第 2 の位置よりも媒体対向面から遠い領域では前記一定の厚みよりも大きな厚みを有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】

前記主磁極層は、前記ギャップ層に接する第 1 層と、前記第 1 層に積層された第 2 層とを有し、前記第 1 層は前記第 2 の位置に配置された媒体対向面側の端部を有し、前記第 2 層は媒体対向面に露出する端面を有す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】

第 2 層の飽和磁束密度は、第 1 層の飽和磁束密度よりも大きいことを特徴とする請求項 2 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

## 【請求項 4】

前記第 1 の部分の第 1 面は、前記第 2 の位置よりも媒体対向面から遠い領域において、媒体対向面から離れるに従って前記第 2 面から離れるように傾斜した斜面を含むことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

## 【請求項 5】

前記斜面と前記第 2 面とのなす角度は、 $25^{\circ}$ 以上、 $90^{\circ}$ 未満であ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】

媒体対向面における前記主磁極層の厚みは、 $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $0.3\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

## 【請求項 7】

媒体対向面に露出する前記主磁極層の面の形状は、ギャップ層側の辺が反対側の辺よりも小さい台形形状であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

## 【請求項 8】

前記ヨーク層は、前記主磁極層の第 2 の部分のギャップ層側の面に接していることを特徴とする請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッド。

## 【請求項 9】

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

10

20

30

40

50

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層と、前記主磁極層に対して記録媒体の進行方向について所定の間隔を開けて配置された補助磁極層と、非磁性材料よりなり、前記主磁極層と補助磁極層との間に設けられたギャップ層と、媒体対向面から離れた位置に配置された媒体対向面側の端部を有すると共に、前記主磁極層と前記補助磁極層とを磁氣的に連結するヨーク層とを備え、前記主磁極層は、媒体対向面から所定の距離だけ離れた第1の位置よりも媒体対向面に近い領域に配置され、媒体対向面からの距離によっては幅が変化しない第1の部分と、前記第1の位置よりも媒体対向面から遠い領域に配置され、前記第1の部分の幅よりも大きな幅を有する第2の部分とを有し、前記第1の部分は、ギャップ層側の第1面とその反対側の第2面とを有し、前記第2面は実質的に平坦であり、更に、前記第1の部分は、前記第1の位置と媒体対向面との間に配置された第2の位置よりも媒体対向面に近い領域では一定の厚みを有し、前記第2の位置よりも媒体対向面から遠い領域では前記一定の厚みよりも大きな厚みを有している垂直磁気記録用磁気ヘッドを製造する方法であって、前記補助磁極層を形成する工程と、前記補助磁極層の上に、前記ギャップ層、コイルおよびヨーク層を形成する各工程と、前記ギャップ層の上に前記主磁極層を形成する工程とを備え、前記主磁極層を形成する工程は、前記第2の位置に配置された媒体対向面側の端部を有すると共に前記ギャップ層に接する第1層を形成する工程と、前記第1層の上に、媒体対向面に露出する端面を有する第2層を形成する工程とを含むことを特徴とする垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

10

20

**【請求項10】**

前記主磁極層を形成する工程は、更に、前記第1層を形成する工程の前に、前記ギャップ層をエッチングして、前記ギャップ層の上面に、前記第1層を配置すべき凹部を形成する工程を含み、前記第1層を形成する工程は、前記凹部内に第1層を形成することを特徴とする請求項9記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

**【請求項11】**

前記凹部を形成する工程では、前記凹部の媒体対向面側の端面を、深くなるに従って媒体対向面から離れるように傾斜した斜面とすることを特徴とする請求項10記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

**【請求項12】**

前記凹部を形成する工程では、アンダーカットを有するマスクを用いて前記ギャップ層を選択的にエッチングし、前記第1層を形成する工程では、前記マスクを用いてスパッタ法によって前記第1層を形成することを特徴とする請求項10または11記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

30

**【請求項13】**

前記凹部を形成する工程では、イオンビームの進行方向が凹部形成前におけるギャップ層の上面に垂直な方向に対して0～20°の角度をなすようにイオンミリングを行って、前記凹部を形成することを特徴とする請求項12記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

**【請求項14】**

前記凹部を形成する工程では、反応性イオンエッチングによって前記凹部を形成することを特徴とする請求項12記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

40

**【請求項15】**

前記第2層を形成する工程は、前記第1層の上に、第2層を形成するための被パターニング層を形成する工程と、前記被パターニング層の上に、被パターニング層をパターニングするためのエッチングマスクを形成する工程と、前記エッチングマスクを用いて、前記被パターニング層および第1層を選択的にエッチングする工程とを含み、前記エッチングする工程において、前記被パターニング層がパターニングされることによって前記第2層が形成され、且つ前記第1層がパターニングされることを特徴とする請求項9ないし14のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

50

**【請求項 16】**

前記主磁極層を形成する工程は、更に、前記第1層を形成する工程と第2層を形成する工程との間において、前記ギャップ層および第1層の上面を平坦化する工程を含むことを特徴とする請求項9ないし15のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

**【請求項 17】**

前記主磁極層を形成する工程は、更に、前記第2層を形成した後に、第2層の上面を平坦化する工程を含むことを特徴とする請求項9ないし16のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法。

**【請求項 18】**

請求項1ないし8のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドを含み、記録媒体に対向するように配置されるスライダと、  
前記スライダを弾性的に支持するサスペンションと  
を備えたことを特徴とするヘッドジンバルアセンブリ。

**【請求項 19】**

請求項1ないし8のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドを含み、回転駆動される円盤状の記録媒体に対向するように配置されるスライダと、  
前記スライダを支持すると共に前記記録媒体に対して位置決めする位置決め装置と  
を備えたことを特徴とするハードディスク装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

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およびその製造方法、ならびに垂直磁気記録用磁気ヘッドを含むヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

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ている。

**【0003】**

垂直磁気記録方式用の磁気ヘッドには、長手磁気記録方式用の磁気ヘッドと同様の構造のリングヘッドと、一つの主磁極によって記録媒体に対して垂直方向の磁界を印加する単磁極ヘッドとがある。単磁極ヘッドを用いる場合には、記録媒体としては一般的に、基板上に軟磁性層と磁気記録層とを積層した二層膜垂直記録媒体が用いられる。単磁極ヘッドと二層膜垂直記録媒体とを組み合わせた記録方式では、主磁極と記録媒体の軟磁性層との相互作用により、主磁極から、記録媒体の進行方向における変化が急峻で且つ強い垂直方向の磁界を発生できることから、高い記録感度を得られることが期待できる。

**【0004】**

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、記録媒体に対向する媒体対向面を有している。この媒体対向面は、空気流入側の端部と空気流出側の端部とを有している。そして、空気流入側の端部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側の端部近傍に配置される。

**【0005】**

ところで、ロータリーアクチュエータによって磁気ヘッドの位置決めを行う磁気ディスク装置では、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。この場合、磁気ヘッドのトラック横断方向の位置に応じて、

10

20

30

40

50

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。この傾きの角度をスキュー角と呼ぶ。磁気ディスク装置では、このスキュー角が生じると、隣接トラックへの書き込みが生じる場合がある。

【0006】

単磁極ヘッドでは、例えば特許文献1に示されるように、スキュー角が生じたときの隣接トラックへの書き込みを防止するために、媒体対向面に露出する主磁極の面の形状を、記録媒体の進行方向の後側（スライダにおける空気流入端側）に配置される辺が反対側の辺よりも小さい台形形状とすることがよく行われている。しかしながら、この場合には、記録密度の向上のためにトラック幅、すなわち媒体対向面における主磁極の幅が小さくなると、磁気ヘッドの製造過程で、主磁極がその下地からは剥がれやすくなるという問題点がある。

10

【0007】

そこで、このような問題が生じることなく、スキュー角が生じたときの隣接トラックへの書き込みを防止するために、トラック幅が小さくなるほど、主磁極の厚みを小さくすることが考えられる。しかしながら、この場合には、媒体対向面に露出する主磁極の面の面積が小さくなるため、記録磁界強度が小さくなるという問題点がある。

【0008】

記録磁界強度の減少を防止する技術として、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。

【0009】

20

また、記録磁界強度の減少を防止する技術として、特許文献3には、主磁極層と、この主磁極層よりも厚いヨーク層とを有する磁気ヘッドにおいて、ヨーク層の前端面を、主磁極層から離れるに従って媒体対向面から遠ざかるような傾斜面または湾曲面とする技術が記載されている。

【0010】

【特許文献1】

特開2002-92821号公報（図4、図6）

【特許文献2】

特開2002-133610号公報（図8、図10）

【特許文献3】

30

特開2002-197615号公報（図3、図14）

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献2に記載された磁気ヘッドでは、媒体対向面の近傍において、主磁極の空気流入端側の面または空気流出端側の面がテーパ面になっている。そのためこの磁気ヘッドでは、その製造過程において、研磨によって媒体対向面を形成する際に、研磨終了位置がずれると、媒体対向面における主磁極の厚みが変化してしまう。従って、この磁気ヘッドでは、均質な磁気ヘッドを量産することが難しいという問題点がある。

【0012】

また、特許文献3に記載された磁気ヘッドでは、主磁極層よりも厚いヨーク層の前端面が媒体対向面の近くに配置される。そのため、この磁気ヘッドでは、スキュー角発生時において、ヨーク層の前端面から発生される磁界によって、隣接トラックへの書き込みが発生しやすいという問題点がある。また、この磁気ヘッドでは、記録媒体の進行方向についての記録磁界の垂直成分の変化が緩やかになり、記録密度の向上が困難になるという問題点がある。また、この磁気ヘッドでは、ヨーク層の上面が平坦化され、その上に主磁極層が形成される。そのため、この磁気ヘッドでは、その製造過程において、研磨によってヨーク層の上面を平坦化する際に、研磨終了位置がずれると、ヨーク層の媒体対向面側の端部の位置が変化してしまう。従って、この磁気ヘッドでは、均質な磁気ヘッドを量産することが難しいという問題点がある。

40

【0013】

50

また、特許文献 3 に記載された磁気ヘッドでは、ヨーク層の上に主磁極層が形成されている。この磁気ヘッドの製造工程では、ヨーク層と主磁極層は別個にパターンニングされる。そのため、この磁気ヘッドでは、ヨーク層と主磁極層の位置ずれが生じやすい。特に、この磁気ヘッドでは、ヨーク層と主磁極層のそれぞれの媒体対向面側の一部の幅は、他の部分の幅よりも小さくなっている。そのため、この幅の小さい部分同士的位置ずれは、磁気ヘッドにおける記録特性の劣化を引き起こす。特にトラック幅が  $0.20\text{ }\mu\text{m}$  以下、あるいは  $0.15\text{ }\mu\text{m}$  以下程度にまで小さくなった場合には、上記の位置ずれによる記録特性の劣化は無視できなくなる。

【0014】

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、隣接トラックへの書き込みを防止しながら記録磁界強度の減少を抑制でき、且つ量産に適した垂直磁気記録用磁気ヘッドおよびその製造方法、ならびに垂直磁気記録用磁気ヘッドを含むヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置を提供することにある。 10

【0015】

【課題を解決するための手段】

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、  
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層と、 20  
主磁極層に対して記録媒体の進行方向について所定の間隔を開けて配置された補助磁極層と、  
非磁性材料よりなり、主磁極層と補助磁極層との間に設けられたギャップ層と、  
媒体対向面から離れた位置に配置された媒体対向面側の端部を有すると共に、主磁極層と補助磁極層とを磁氣的に連結するヨーク層とを備えている。

【0016】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、主磁極層は、媒体対向面から所定の距離だけ離れた第 1 の位置よりも媒体対向面に近い領域に配置され、媒体対向面からの距離によっては幅が変化しない第 1 の部分と、第 1 の位置よりも媒体対向面から遠い領域に配置され、第 1 の部分の幅よりも大きな幅を有する第 2 の部分とを有している。第 1 の部分は、 30  
ギャップ層側の第 1 面とその反対側の第 2 面とを有し、第 2 面は実質的に平坦である。第 1 の部分は、第 1 の位置と媒体対向面との間に配置された第 2 の位置よりも媒体対向面に近い領域では一定の厚みを有し、第 2 の位置よりも媒体対向面から遠い領域では前記一定の厚みよりも大きな厚みを有している。なお、第 2 面が「実質的に平坦」というのは、平坦になるように第 2 面を形成する場合であっても、製造工程における精度の点から  $0.05\text{ }\mu\text{m}$  程度の凹凸が生じる場合があるため、この程度の凹凸がある場合も含むという意味である。

【0017】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、主磁極層の厚みが変化する第 2 の位置は、主磁極層の幅が変化する第 1 の位置と媒体対向面との間に配置されている。これにより、本発明によれば、隣接トラックへの書き込みを防止しながら、記録磁界強度の減少を抑制することができる。また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、媒体対向面と第 2 の位置との間の領域では、主磁極層の第 1 の部分は、媒体対向面からの距離によっては幅も厚みも変化しない。そのため、本発明によれば、磁気ヘッドの製造過程において、研磨によって媒体対向面を形成する際に、研磨終了位置が多少ずれても、媒体対向面における主磁極層の幅や厚みが変化しない。従って、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドは量産に適している。 40

【0018】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、主磁極層は、ギャップ層に接する第 1 層と、第 1 層に積層された第 2 層とを有し、第 1 層は第 2 の位置に配置された媒体対向面側の 50

端部を有し、第2層は媒体対向面に露出する端面を有していてもよい。この場合、第2層の飽和磁束密度は、第1層の飽和磁束密度よりも大きくてもよい。

【0019】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、第1の部分の第1面は、第2の位置よりも媒体対向面から遠い領域において、媒体対向面から離れるに従って第2面から離れるように傾斜した斜面を含んでいてもよい。この場合、斜面と第2面とのなす角度は、25°以上、90°未満であってもよい。

【0020】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、媒体対向面における主磁極層の厚みは、0.05 μm以上、0.3 μm以下であってもよい。

10

【0021】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、媒体対向面に露出する主磁極層の面の形状は、ギャップ層側の辺が反対側の辺よりも小さい台形形状であってもよい。

【0022】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、ヨーク層は、主磁極層の第2の部分のギャップ層側の面に接していてもよい。

【0023】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法は、

補助磁極層を形成する工程と、

補助磁極層の上に、ギャップ層、コイルおよびヨーク層を形成する各工程と、

20

ギャップ層の上に主磁極層を形成する工程とを備えている。

【0024】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法において、主磁極層を形成する工程は、第2の位置に配置された媒体対向面側の端部を有すると共にギャップ層に接する第1層を形成する工程と、第1層の上に、媒体対向面に露出する端面を有する第2層を形成する工程とを含んでいる。

【0025】

本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法において、主磁極層を形成する工程は、更に、第1層を形成する工程の前に、ギャップ層をエッチングして、ギャップ層の上面に、第1層を配置すべき凹部を形成する工程を含み、第1層を形成する工程は、凹部内に第1層を形成してもよい。

30

【0026】

凹部を形成する工程では、凹部の媒体対向面側の端面を、深くなるに従って媒体対向面から離れるように傾斜した斜面としてもよい。

【0027】

また、凹部を形成する工程では、アンダーカットを有するマスクを用いてギャップ層を選択的にエッチングし、第1層を形成する工程では、マスクを用いてスパッタ法によって第1層を形成してもよい。

【0028】

また、凹部を形成する工程では、イオンビームの進行方向が凹部形成前におけるギャップ層の上面に垂直な方向に対して0~20°の角度をなすようにイオンミリングを行って、凹部を形成してもよい。また、凹部を形成する工程では、反応性イオンエッチングによって凹部を形成してもよい。

40

【0029】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法において、第2層を形成する工程は、第1層の上に、第2層を形成するための被パターンニング層を形成する工程と、被パターンニング層の上に、被パターンニング層をパターンニングするためのエッチングマスクを形成する工程と、エッチングマスクを用いて、被パターンニング層および第1層を選択的にエッチングする工程とを含んでいてもよい。この場合、エッチングする工程において、被パターンニング層がパターンニングされることによって第2層が形成され、且つ第1層がパターンニ

50

グされる。

【0030】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法において、主磁極層を形成する工程は、更に、第1層を形成する工程と第2層を形成する工程との間において、ギャップ層および第1層の上面を平坦化する工程を含んでいてもよい。

【0031】

また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法において、主磁極層を形成する工程は、更に、第2層を形成した後に、第2層の上面を平坦化する工程を含んでいてもよい。

【0032】

本発明のヘッドジンバルアセンブリは、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドを含み、記録媒体に対向するように配置されるスライダと、スライダを弾性的に支持するサスペンションとを備えたものである。 10

【0033】

本発明のハードディスク装置は、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドを含み、回転駆動される円盤状の記録媒体に対向するように配置されるスライダと、スライダを支持すると共に記録媒体に対して位置決めする位置決め装置とを備えたものである。

【0034】

【発明の実施の形態】

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を参照して、本発明の一実施の形態に係る垂直磁気記録用磁気ヘッドの構成について説明する。 20  
図1は本実施の形態に係る垂直磁気記録用磁気ヘッドの構成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面に垂直な断面を示している。また、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。

【0035】

図1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、アルティック（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）等のセラミック材料よりなる基板1と、この基板1の上に形成されたアルミナ（ $Al_2O_3$ ）等の絶縁材料よりなる絶縁層2と、この絶縁層2の上に形成された磁性材料よりなる下部シールド層3と、この下部シールド層3の上に、絶縁層4を介して形成された再生素子としてのMR（磁気抵抗効果）素子5と、このMR素子5の上に絶縁層4を介して形成された磁性材料よりなる上部シールド層6とを備えている。下部シールド層3および上部シールド層6の厚みは、それぞれ例えば1～2  $\mu m$ である。 30

【0036】

MR素子5の一端部は、媒体対向面（エアベアリング面）ABS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。

【0037】

磁気ヘッドは、更に、上部シールド層6の上に形成された非磁性層7と、この非磁性層7の上に形成された磁性材料よりなる補助磁極層8と、この補助磁極層8の上において薄膜コイル10を形成すべき位置に形成された絶縁層9Aと、この絶縁層9Aの上に形成された薄膜コイル10と、少なくとも薄膜コイル10の巻線間に充填され、媒体対向面ABSに露出しない絶縁層9Bとを備えている。絶縁層9Aには、媒体対向面ABSから離れた位置において、コンタクトホール9aが形成されている。また、本実施の形態では、絶縁層9Bは、薄膜コイル10の全体を覆うように形成されている。 40

【0038】

補助磁極層8の厚みは例えば1～5  $\mu m$ である。補助磁極層8を構成する磁性材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

【0039】



絶縁層 9 A は、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、その厚みは例えば 0 . 1 ~ 1  $\mu$  m である。

【 0 0 4 0 】

薄膜コイル 1 0 は、銅等の導電性の材料よりなり、その巻線の厚みは例えば 0 . 3 ~ 2  $\mu$  m である。薄膜コイル 1 0 の巻数は任意であり、巻線のピッチも任意である。

【 0 0 4 1 】

絶縁層 9 B は、形成時に流動性を有する非導電性且つ非磁性の材料よりなる。具体的には、絶縁層 9 B は、例えば、フォトレジスト（感光性樹脂）のような有機系の非導電性非磁性材料によって形成してもよいし、塗布ガラスよりなるスピノングラス（S O G）膜で形成してもよい。

10

【 0 0 4 2 】

磁気ヘッドは、更に、絶縁層 9 B における媒体対向面 A B S 側の一部から媒体対向面 A B S にかけて絶縁層 9 A および絶縁層 9 B の上に形成され、媒体対向面 A B S に露出する絶縁層 9 C を備えている。絶縁層 9 C は、絶縁層 9 B よりも耐食性、剛性および絶縁性が優れた非導電性且つ非磁性の材料よりなる。このような材料としては、アルミナやシリコン酸化物（S i O<sub>2</sub>）等の無機系の非導電性非磁性材料を用いることができる。媒体対向面 A B S における絶縁層 9 A および絶縁層 9 C の合計の厚みは、例えば 2 ~ 5  $\mu$  m である。絶縁層 9 A , 9 B , 9 C は、補助磁極層 8 と後述する主磁極層 1 4 との間に設けられるギャップ層 9 を構成する。

【 0 0 4 3 】

20

薄膜コイル 1 0 の主磁極層 1 4 側の面は、媒体対向面 A B S におけるギャップ層 9 の主磁極層 1 4 側の端部（絶縁層 9 C の主磁極層 1 4 側の端部）の位置よりも補助磁極層 8 側の位置に配置されている。

【 0 0 4 4 】

磁気ヘッドは、更に、磁性材料よりなるヨーク層 1 3 を備えている。ヨーク層 1 3 は、主磁極層 1 4 と補助磁極層 8 とを磁気的に連結する。ヨーク層 1 3 は、コンタクトホール 9 a が形成された位置から媒体対向面 A B S に向けて、絶縁層 9 C の媒体対向面 A B S とは反対側の端面の位置まで、補助磁極層 8 および絶縁層 9 B の上に形成されている。ヨーク層 1 3 の媒体対向面 A B S 側の端部は、媒体対向面 A B S から例えば 1 . 5  $\mu$  m 以上離れた位置に配置されている。ヨーク層 1 3 を構成する磁性材料は、例えば鉄 - ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。

30

【 0 0 4 5 】

磁気ヘッドは、更に、ギャップ層 9 およびヨーク層 1 3 の上に形成された磁性材料よりなる主磁極層 1 4 と、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、主磁極層 1 4 の周囲に配置された絶縁層 1 7 と、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料よりなり、主磁極層 1 4 を覆うように形成された保護層 1 8 とを備えている。

【 0 0 4 6 】

主磁極層 1 4 の厚みは、好ましくは 0 . 1 ~ 0 . 8  $\mu$  m であり、更に好ましくは 0 . 2 ~ 0 . 5  $\mu$  m である。

【 0 0 4 7 】

40

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 A B S と再生ヘッドと記録ヘッドとを備えている。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 4 8 】

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 A B S 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シールド層 3 および上部シールド層 6 を備えている。

【 0 0 4 9 】

記録ヘッドは、薄膜コイル 1 0 、主磁極層 1 4 、補助磁極層 8 、ギャップ層 9 およびヨー

50

ク層 13 を備えている。薄膜コイル 10 は、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。主磁極層 14 は、薄膜コイル 10 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。補助磁極層 8 は、主磁極層 14 に対して記録媒体の進行方向 T について所定の間隔を開けて配置されている。ギャップ層 9 は、非磁性材料よりなり、主磁極層 14 と補助磁極層 8 との間に設けられている。ヨーク層 13 は、媒体対向面 A B S から離れた位置に配置された媒体対向面 A B S 側の端部を有すると共に、主磁極層 14 と補助磁極層 8 とを磁氣的に連結する。

【0050】

なお、本実施の形態に係る磁気ヘッドでは、記録媒体としては 2 層媒体と単層媒体のいずれをも使用することが可能である。 10

【0051】

以下、図 2 ないし図 4 を参照して、主磁極層 14 の形状について詳しく説明する。図 2 は主磁極層 14 の斜視図、図 3 は主磁極層 14 の断面図、図 4 は主磁極層 14 の形状を説明するための説明図である。なお、図 3 は、媒体対向面 A B S および基板 1 の面に垂直な断面を示している。また、図 4 において、(a) は主磁極層 14 の媒体対向面 A B S の近傍の部分の上面を表わし、(b) は主磁極層 14 の媒体対向面 A B S の近傍の部分の断面を表わしている。

【0052】

主磁極層 14 は、媒体対向面 A B S から所定の距離だけ離れた第 1 の位置 P 1 よりも媒体対向面 A B S に近い領域に配置された第 1 の部分 14 A と、第 1 の位置 P 1 よりも媒体対向面 A B S から遠い領域に配置され、第 1 の部分 14 A の幅よりも大きな幅を有する第 2 の部分 14 B とを有している。第 1 の部分 14 A の幅は、媒体対向面 A B S からの距離によっては変化しない。第 2 の部分 14 B の幅は、第 1 の位置 P 1 では第 1 の部分 14 A の幅と等しく、媒体対向面 A B S 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。 20

【0053】

第 1 の部分 14 A および第 2 の部分 14 B の上面は実質的に平坦になっている。第 1 の位置 P 1 と媒体対向面 A B S との間に配置された第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S に近い領域では、第 1 の部分 14 A の底面は、第 1 の部分 14 A の上面に平行になっている。従って、第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S に近い領域では、第 1 の部分 14 A は一定の厚み D 1 を有している。 30

【0054】

一方、第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S から遠い領域における第 1 の部分 14 A の底面は、第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S に近い領域における第 1 の部分 14 A の底面よりも、第 1 の部分 14 A の上面から離れている。従って、第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S から遠い領域では、第 1 の部分 14 A は、D 1 よりも大きい厚みを有している。

【0055】

また、第 1 の部分 14 A の底面は、第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S から遠い領域において、媒体対向面 A B S から離れるに従って第 1 の部分 14 A の上面から離れるように傾斜した斜面 14 a を含んでいる。斜面 14 a と第 1 の部分 14 A の上面とのなす角度は、 $25^{\circ}$  以上、 $90^{\circ}$  未満であることが好ましい。なお、図 4 (b) では、第 1 の部分 14 A の底面のうちの第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S に近い部分と斜面 14 a とのなす角度を  $\theta$  で表わしている。この角度は、斜面 14 a と第 1 の部分 14 A の上面とのなす角度と等しい。 40

【0056】

第 2 の部分 14 B の底面は、斜面 14 a における媒体対向面 A B S から遠い端部に接続されている。第 2 の部分 14 B の厚みは、第 2 の部分 14 B の周縁部を除いて一定である。ヨーク層 13 は、主磁極層 14 の第 2 の部分 14 B の底面に接している。 50

## 【0057】

また、主磁極層14は、ギャップ層9（絶縁層9C）に接する第1層141と、この第1層141に積層された第2層142とを有している。第1層141の媒体対向面ABS側の端部は、第2の位置P2に配置されている。第2層142は、媒体対向面ABSに露出する端面を有している。

## 【0058】

第2層142の飽和磁束密度は、第1層141の飽和磁束密度よりも大きいことが好ましい。第1層141の材料は、例えば鉄-ニッケル系合金すなわちパーマロイでもよいし、後述するような高飽和磁束密度材でもよい。第2層142の材料としては、飽和磁束密度が1.4T以上の高飽和磁束密度材を用いるのが好ましい。高飽和磁束密度材としては、鉄および窒素原子を含む材料、鉄、ジルコニアおよび酸素原子を含む材料、鉄およびニッケル元素を含む材料等を用いることができる。具体的には、高飽和磁束密度材としては、例えば、NiFe（Ni：45重量%，Fe：55重量%）、FeNやその化合物、Co系アモルファス合金、Fe-Co、Fe-M（必要に応じてO（酸素原子）も含む。）、Fe-Co-M（必要に応じてO（酸素原子）も含む。）の中のうちの少なくとも1種類を用いることができる。ここで、Mは、Ni、N、C、B、Si、Al、Ti、Zr、Hf、Mo、Ta、Nb、Cu（いずれも化学記号）の中から選択された少なくとも1種類である。

10

## 【0059】

また、媒体対向面ABSにおける主磁極層14の厚みは、0.05μm以上、0.3μm以下であることが好ましい。

20

## 【0060】

また、媒体対向面ABSに露出する主磁極層14の面の形状は、ギャップ層9側の辺が反対側の辺よりも小さい台形状であることが好ましい。媒体対向面ABSに露出する主磁極層14の面におけるギャップ層9とは反対側の辺の長さは、トラック幅を規定する。トラック幅は、0.05μm以上、0.25μm以下であることが好ましく、0.08μm以上、0.16μm以下であることがより好ましい。

## 【0061】

次に、本実施の形態に係る磁気ヘッドの作用について説明する。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、薄膜コイル10は、記録媒体に記録する情報に応じた磁界を発生する。補助磁極層8、主磁極層14およびヨーク層13は、薄膜コイル10が発生する磁界に対応した磁束を通過させる磁路を形成する。主磁極層14は、薄膜コイル10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。

30

## 【0062】

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。まず、基板1の上に絶縁層2を形成する。次に、絶縁層2の上に下部シールド層3を形成する。次に、下部シールド層3の上に、絶縁層4の一部となる絶縁膜を形成し、この絶縁膜の上に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、絶縁層4の他の一部となる新たな絶縁膜で覆い、MR素子5およびリードを絶縁層4内に埋設する。

40

## 【0063】

次に、絶縁層4の上に上部シールド層6を形成し、その上に非磁性層7を形成する。次に、この非磁性層7の上に、補助磁極層8を所定の形状に形成する。次に、図示しないが、非磁性層7および補助磁極層8をアルミナ等の非磁性材料で覆い、補助磁極層8が露出するまで非磁性材料を研磨して、補助磁極層8の上面を平坦化する。なお、非磁性層7を設けずに、上部シールド層6および補助磁極層8の代わりに、これらを兼ねた1つの磁性層を設けてもよい。

## 【0064】

50

次に、補助磁極層 8 の上に、アルミナ等の非導電性且つ非磁性の材料をスパッタして、絶縁層 9 A を形成する。次に、周知のフォトリソグラフィ技術とドライエッチング技術とを用いて、補助磁極層 8 とヨーク層 1 3 とを連結すべき位置において、絶縁層 9 A にコンタクトホール 9 a を形成する。

【 0 0 6 5 】

次に、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、絶縁層 9 A の上に薄膜コイル 1 0 を形成する。

【 0 0 6 6 】

次に、周知のフォトリソグラフィ技術を用いて、少なくとも薄膜コイル 1 0 の巻線間に充填される絶縁層 9 B を形成する。ここでは、絶縁層 9 B は薄膜コイル 1 0 を完全に覆うように形成しているが、薄膜コイル 1 0 の巻線間に充填される絶縁層 9 B を形成した後に、絶縁層 9 B とは別に、薄膜コイル 1 0 および絶縁層 9 B を覆う絶縁層を形成してもよい。

10

【 0 0 6 7 】

次に、周知のフォトリソグラフィ技術および成膜技術（例えば電気めっき法）を用いて、コンタクトホール 9 a が形成された位置から媒体対向面 A B S に向けて所定の位置まで、補助磁極層 8 および絶縁層 9 B の上にヨーク層 1 3 を形成する。

【 0 0 6 8 】

次に、スパッタ法を用いて、絶縁層 9 A、絶縁層 9 B およびヨーク層 1 3 を覆うように絶縁層 9 C を形成する。次に、例えば化学機械研磨を用いて、ヨーク層 1 3 が露出するまで絶縁層 9 C の表面を研磨して、絶縁層 9 C およびヨーク層 1 3 の上面を平坦化する。

20

【 0 0 6 9 】

次に、絶縁層 9 C およびヨーク層 1 3 の上に、主磁極層 1 4 を形成する。主磁極層 1 4 の形成方法については、後で詳しく説明する。次に、主磁極層 1 4 の周囲に絶縁層 1 7 を形成する。次に、主磁極層 1 4 を覆うように保護層 1 8 を形成する。なお、主磁極層 1 4 の形成後、保護層 1 8 を形成する前に、主磁極層 1 4 の上に絶縁層を介して記録シールド層を形成することが好ましい。次に、保護層 1 8 の上に配線や端子等を形成し、スライダ単位で基板を切断し、媒体対向面 A B S の研磨、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 7 0 】

次に、図 5 ないし図 1 2 を参照して、主磁極層 1 4 の形成方法について説明する。図 5 ないし図 1 2 において、( a ) は媒体対向面および基板の面に垂直な断面を示し、( b ) は積層体の上面を示している。主磁極層 1 4 の形成方法では、まず、図 5 に示したように、平坦化された絶縁層 9 C およびヨーク層 1 3 の上面の上に、マスク 1 5 を形成する。マスク 1 5 は、主磁極層 1 4 の第 1 層 1 4 1 を配置すべき位置に開口部を有している。また、マスク 1 5 は、底面が上面よりも小さくなるようにアンダーカットを有している。このようなマスク 1 5 は、例えば積層された 2 つの有機膜 1 5 A、1 5 B からなるレジスト層をパターニングすることによって形成される。

30

【 0 0 7 1 】

次に、図 6 に示したように、マスク 1 5 を用いて絶縁層 9 C およびヨーク層 1 3 を選択的にエッチングして、第 1 層 1 4 1 を配置すべき凹部 1 5 1 を形成する。このとき、凹部 1 5 1 の媒体対向面 A B S 側（図 6 ( a ) における左側）の端面 1 5 1 a を、深くなるに従って媒体対向面 A B S から離れるように傾斜した斜面とする。凹部 1 5 1 を形成するためのエッチングには、例えばイオンミリングが用いられる。この場合には、例えば、イオンビームの進行方向が凹部 1 5 1 の形成前における絶縁層 9 C およびヨーク層 1 3 の上面に垂直な方向に対して 0 ~ 2 0 ° の角度をなすようにする。図 6 中の矢印は、イオンビームを表わしている。なお、イオンミリングの代わりに、反応性イオンエッチングを用いてもよい。

40

【 0 0 7 2 】

次に、図 7 に示したように、マスク 1 5 を用いてスパッタ法によって凹部 1 5 1 内に第 1 層 1 4 1 を形成する。このとき、凹部 1 5 1 の端面 1 5 1 a によって、主磁極層 1 4 にお

50

ける斜面 1 4 a が形成される。次に、図 8 に示したように、マスク 1 5 をリフトオフする。

【 0 0 7 3 】

次に、図 9 に示したように、第 1 層 1 4 1 および絶縁層 9 C の上に、スパッタ法によって、磁性材料よりなる磁性層 1 4 2 A を形成する。磁性層 1 4 2 A は、第 2 層 1 4 2 を形成するための層であり、本発明における被パターンニング層に対応する。

【 0 0 7 4 】

次に、図 1 0 に示したように、磁性層 1 4 2 A の上に、磁性層 1 4 2 A をパターンニングするためのエッチングマスク 1 6 を形成する。エッチングマスク 1 6 は、形成しようとする第 2 層 1 4 2 に対応した形状を有している。また、エッチングマスク 1 6 のうち、第 1 層 1 4 1 の上方に配置される部分の大きさは、第 1 層 1 4 1 よりも若干小さくなっている。エッチングマスク 1 6 は、例えば金属材料によって形成される。このようなエッチングマスク 1 6 は、例えば、スパッタ法によって形成された膜を選択的にエッチングすることによって形成することができる。

10

【 0 0 7 5 】

次に、図 1 1 に示したように、エッチングマスク 1 6 を用いて、磁性層 1 4 2 A、第 1 層 1 4 1、絶縁層 9 C の一部およびヨーク層 1 3 の一部を選択的にエッチングする。このエッチングには、例えばイオンミリングが用いられる。図 1 1 中の矢印は、イオンビームを表わしている。なお、イオンミリングの代わりに、反応性イオンエッチングを用いてもよい。

20

【 0 0 7 6 】

図 1 2 に示したように、エッチングによってパターンニングされた磁性層 1 4 2 A は第 2 層 1 4 2 となる。また、上記エッチング工程において、第 1 層 1 4 1 の周縁部がエッチングされて、第 1 層 1 4 1 がパターンニングされる。なお、図 1 2 ( b ) には、後に媒体対向面 A B S が形成される位置を破線で示している。

【 0 0 7 7 】

次に、図示しないが積層体の上面を覆うように絶縁層 1 7 を形成する。次に、例えば化学機械研磨を用いて、第 2 層 1 4 2 が露出するまで絶縁層 1 7 の表面を研磨して、図 1 に示したように、絶縁層 1 7 および第 2 層 1 4 2 の上面を平坦化する。

【 0 0 7 8 】

上述のように、本実施の形態では、1 つのエッチングマスク 1 6 を用いて、磁性層 1 4 2 A および第 1 層 1 4 1 をエッチングすることによって、第 1 層 1 4 1 および第 2 層 1 4 2 をパターンニングしている。そのため、本実施の形態では、第 1 層 1 4 1 と第 2 層 1 4 2 との位置合わせを正確に行うことができる。本実施の形態では、主磁極層 1 4 は、トラック幅を規定する第 1 の部分 1 4 A において、厚みが変化している。そのため、磁気ヘッドにおける記録特性を劣化させないためには、第 1 の部分 1 4 A を正確に形成することが重要である。本実施の形態によれば、上述のように、第 1 層 1 4 1 と第 2 層 1 4 2 との位置合わせを正確に行うことができることから、第 1 の部分 1 4 A を正確に形成することができる。従って、本実施の形態によれば、良好な記録特性を実現することができる。

30

【 0 0 7 9 】

なお、第 1 層 1 4 1 の形成後、第 2 層 1 4 2 を形成する前に、第 1 層 1 4 1 および絶縁層 9 C の上面を研磨によって平坦化してもよい。この研磨は、第 1 層 1 4 1 の上面と絶縁層 9 C の上面との間に発生するわずかな段差を解消するためのものである。そのため、この研磨では、必要以上に絶縁層 9 C の上面を研磨することはない。従って、この研磨によって、第 1 層 1 4 1 の媒体対向面側の端部の位置は、ほとんど変化しない。

40

【 0 0 8 0 】

また、本実施の形態では、第 2 層 1 4 2 の上面を平坦化することにより、媒体対向面 A B S において、主磁極層 1 4 のギャップ層 9 とは反対側の端部を平坦化することができる。これにより、媒体対向面 A B S において主磁極層 1 4 より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパター

50

ン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができる。

【0081】

媒体対向面に露出する主磁極層14の面の形状を、ギャップ層9側の辺が反対側の辺よりも小さい台形状とする場合には、例えば、イオンビームの進行方向が第2層142の上面に垂直な方向に対して傾くようにイオンミリングを行って、第2層142をパターンニングする。

【0082】

以下、本実施の形態に係るヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置について説明する。まず、図13を参照して、ヘッドジンバルアセンブリに含まれるスライダ210について説明する。ハードディスク装置において、スライダ210は、回転駆動される円盤状の記録媒体であるハードディスクに対向するように配置される。このスライダ210は、主に図1における基板1および保護層18からなる基体211を備えている。基体211は、ほぼ六面体形状をなしている。基体211の六面のうちの一面は、ハードディスクに対向するようになっている。この一面には、媒体対向面となるエアベアリング面20が形成されている。ハードディスクが図13におけるz方向に回転すると、ハードディスクとスライダ210との間を通過する空気流によって、スライダ210に、図13におけるy方向の下方に揚力が生じる。スライダ210は、この揚力によってハードディスクの表面から浮上するようになっている。なお、図13におけるx方向は、ハードディスクのトラック横断方向である。スライダ210の空気流出側の端部(図13における左下の端部)の近傍には、本実施の形態に係る磁気ヘッド100が形成されている。

10

20

【0083】

次に、図14を参照して、本実施の形態に係るヘッドジンバルアセンブリ220について説明する。ヘッドジンバルアセンブリ220は、スライダ210と、このスライダ210を弾性的に支持するサスペンション221とを備えている。サスペンション221は、例えばステンレス鋼によって形成された板ばね状のロードビーム222、このロードビーム222の一端部に設けられると共にスライダ210が接合され、スライダ210に適度な自由度を与えるフレクシャ223と、ロードビーム222の他端部に設けられたベースプレート224とを有している。ベースプレート224は、スライダ210をハードディスク262のトラック横断方向xに移動させるためのアクチュエータのアーム230に取り付けられるようになっている。アクチュエータは、アーム230と、このアーム230を駆動するボイスコイルモータとを有している。フレクシャ223において、スライダ210が取り付けられる部分には、スライダ210の姿勢を一定に保つためのジンバル部が設けられている。

30

【0084】

ヘッドジンバルアセンブリ220は、アクチュエータのアーム230に取り付けられる。1つのアーム230にヘッドジンバルアセンブリ220を取り付けたものはヘッドアームアセンブリと呼ばれる。また、複数のアームを有するキャリッジの各アームにヘッドジンバルアセンブリ220を取り付けたものはヘッドスタックアセンブリと呼ばれる。

【0085】

図14は、ヘッドアームアセンブリの一例を示している。このヘッドアームアセンブリでは、アーム230の一端部にヘッドジンバルアセンブリ220が取り付けられている。アーム230の他端部には、ボイスコイルモータの一部となるコイル231が取り付けられている。アーム230の中間部には、アーム230を回動自在に支持するための軸234に取り付けられる軸受け部233が設けられている。

40

【0086】

次に、図15および図16を参照して、ヘッドスタックアセンブリの一例と本実施の形態に係るハードディスク装置について説明する。図15はハードディスク装置の要部を示す説明図、図16はハードディスク装置の平面図である。ヘッドスタックアセンブリ250は、複数のアーム252を有するキャリッジ251を有している。複数のアーム252には、複数のヘッドジンバルアセンブリ220が、互いに間隔を開けて垂直方向に並ぶよう

50

に取り付けられている。キャリッジ 251 においてアーム 252 とは反対側には、ボイスコイルモータの一部となるコイル 253 が取り付けられている。ヘッドスタックアセンブリ 250 は、ハードディスク装置に組み込まれる。ハードディスク装置は、スピンドルモータ 261 に取り付けられた複数枚のハードディスク 262 を有している。各ハードディスク 262 毎に、ハードディスク 262 を挟んで対向するように 2 つのスライダ 210 が配置される。また、ボイスコイルモータは、ヘッドスタックアセンブリ 250 のコイル 253 を挟んで対向する位置に配置された永久磁石 263 を有している。

【0087】

スライダ 210 を除くヘッドスタックアセンブリ 250 およびアクチュエータは、本発明における位置決め装置に対応し、スライダ 210 を支持すると共にハードディスク 262 に対して位置決めする。 10

【0088】

本実施の形態に係るハードディスク装置では、アクチュエータによって、スライダ 210 をハードディスク 262 のトラック横断方向に移動させて、スライダ 210 をハードディスク 262 に対して位置決めする。スライダ 210 に含まれる磁気ヘッド 100 は、記録ヘッドによって、ハードディスク 262 に情報を記録し、再生ヘッドによって、ハードディスク 262 に記録されている情報を再生する。

【0089】

次に、本実施の形態における主磁極層 14 の形状に基づく効果を確認するために行った第 1 のシミュレーションについて説明する。この第 1 のシミュレーションでは、本実施の形態における主磁極層 14 のモデルと、2 つの比較例における主磁極層のモデルとについて、主磁極層 14 より発生される記録磁界の垂直成分を求めた。図 17 は第 1 の比較例における主磁極層 114 の形状を表し、図 18 は第 2 の比較例における主磁極層 124 の形状を表している。なお、図 17 および図 18 において、(a) は主磁極層 114, 124 の媒体対向面 A B S の近傍の部分の上面を表わし、(b) は主磁極層 114, 124 の媒体対向面 A B S の近傍の部分の断面を表わしている。 20

【0090】

図 17 に示した第 1 の比較例における主磁極層 114 は、第 1 の部分 114 A および第 2 の部分 114 B を有している。第 1 の部分 114 A および第 2 の部分 114 B の平面形状は、本実施の形態における主磁極層 14 の第 1 の部分 14 A および第 2 の部分 14 B と同様である。しかし、第 1 の比較例では、本実施の形態とは異なり、主磁極層 114 の上面と底面は共に平坦で、主磁極層 114 の厚みは位置によらず一定である。第 1 のシミュレーションでは、主磁極層 114 の厚みを  $0.2 \mu\text{m}$  としている。 30

【0091】

図 18 に示した第 2 の比較例における主磁極層 124 は、第 1 の部分 124 A および第 2 の部分 124 B を有している。第 1 の部分 124 A および第 2 の部分 124 B の平面形状は、本実施の形態における主磁極層 14 の第 1 の部分 14 A および第 2 の部分 14 B と同様である。また、主磁極層 124 の上面は平坦である。しかし、第 2 の比較例では、本実施の形態とは異なり、第 1 の部分 124 A の厚みは、位置によらず一定である。また、第 2 の部分 124 B の底面は、第 1 の位置 P1 よりも媒体対向面 A B S から遠い領域において、媒体対向面 A B S から離れるに従って第 2 の部分 124 B の上面から離れるように傾斜した斜面 124 a を含んでいる。第 1 のシミュレーションでは、斜面 124 a と第 1 の部分 124 A の上面とのなす角度  $\theta$  を  $45^\circ$  としている。また、第 1 の位置 P1 は、媒体対向面 A B S から  $0.3 \mu\text{m}$  離れた位置としている。また、第 1 の部分 124 A の厚みは  $0.2 \mu\text{m}$  とし、第 2 の部分 124 B の最大の厚みは  $0.3 \mu\text{m}$  としている。 40

【0092】

また、第 1 のシミュレーションでは、本実施の形態における主磁極層 14 の斜面 14 a と第 1 の部分 14 A の上面とのなす角度  $\theta$  を  $45^\circ$  としている。また、第 1 の位置 P1 は、媒体対向面 A B S から  $0.3 \mu\text{m}$  離れた位置とし、第 2 の位置 P2 は、媒体対向面 A B S から  $0.1 \mu\text{m}$  離れた位置としている。また、第 1 の部分 14 A の厚みは  $0.2 \mu\text{m}$  とし 50

、第2の部分14Bの最大の厚みは0.3  $\mu\text{m}$ としている。

#### 【0093】

上記の3つのモデルについて、主磁極層14より発生される記録磁界の垂直成分を求めた結果を図19に示す。図19において、横軸は記録媒体進行方向について位置を示し、縦軸は記録磁界の垂直成分を示している。なお、横軸における位置は、非磁性層7と補助磁極層8との境界位置からの距離で表している。

#### 【0094】

また、図19において、符号30は本実施の形態におけるモデルの特性を表し、符号31は第1の比較例におけるモデルの特性を表し、符号32は第2の比較例におけるモデルの特性を表している。記録磁界の垂直成分の最大値は、本実施の形態におけるモデルでは11393 [Oe =  $\times 79.6 \text{ A/m}$ ]、第1の比較例におけるモデルでは10184 [Oe =  $\times 79.6 \text{ A/m}$ ]、第2の比較例におけるモデルでは10562 [Oe =  $\times 79.6 \text{ A/m}$ ]であった。

#### 【0095】

この結果から分かるように、本実施の形態によれば、主磁極層の厚みが変わらない第1の比較例に比べて、記録磁界の垂直成分の最大値を1200 [Oe]以上大きくすることができる。また、本実施の形態によれば、主磁極層の厚みが大きくなり始める位置が主磁極層の幅が大きくなり始める位置と一致する第2の比較例に比べて、記録磁界の垂直成分の最大値を800 [Oe]以上大きくすることができる。また、この第1のシミュレーションとは別に行った実験から、シミュレーションにおける記録磁界の垂直成分の最大値が1000 [Oe]大きくなると、記録ヘッドのオーバーライト特性が約5 dB向上することが分かっている。このことから、本実施の形態によれば、第1の比較例に比べて6 dB以上、第2の比較例に比べて4 dB以上のオーバーライト特性の向上が期待できる。

#### 【0096】

次に、主磁極層14における斜面14aと第1の部分14Aの上面とのなす角度の大きさと磁気ヘッドの記録特性との関係を調べた第2のシミュレーションの結果について説明する。この第2のシミュレーションに先立ち、実験により、凹部151を形成するためのエッチングの条件と、凹部151の端面151aの状態との関係を調べた。この実験では、まず、イオンミリングを用いて凹部151を形成した。その際のイオンビームの進行方向と凹部151の形成前における絶縁層9Cおよびヨーク層13の上面に垂直な方向とのなす角度（以下、イオンビーム角度と言う。）は、 $0^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ の4通りとした。そして、実験では、この4通りの条件で形成された凹部151について、端面151aと凹部151の形成前における絶縁層9Cの上面とのなす角度（以下、端面角度と言う。）を測定した。イオンビーム角度と端面角度との関係は、以下ようになった。すなわち、イオンビーム角度が $0^\circ$ 、 $10^\circ$ 、 $15^\circ$ 、 $20^\circ$ の場合における端面角度は、それぞれ、 $58.9^\circ$ 、 $42.6^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $24.8^\circ$ となった。また、実験では、反応性イオンエッチングを用いて凹部151を形成した。そのときの端面角度は、 $82.5^\circ$ となった。

#### 【0097】

次に、第2のシミュレーションにより、上記端面角度と記録磁界の垂直成分の最大値との対応関係を求めた。その結果を、図20に示す。図20において、横軸は端面角度を示し、縦軸は記録磁界の垂直成分の最大値を示している。なお、図20において、符号41で示した点は、図17に示した第1のモデルにおける値を表している。また、符号42で示した点は、図18に示した第2のモデルにおける値を表している。図20におけるその他の4つの点は、それぞれ、本実施の形態のモデルにおいて端面角度を、 $24.8^\circ$ 、 $42.6^\circ$ 、 $58.9^\circ$ 、 $82.5^\circ$ とした場合の値を表している。第2のシミュレーションにおけるその他の条件は、第1のシミュレーションと同様である。

#### 【0098】

図20に示した結果から、端面角度を大きくすることによって記録磁界の垂直成分の最大値を大きくすることができることが分かる。図20に示した結果から、端面角度が約25



。以上であれば、第 1 および第 2 の比較例よりも、記録磁界の垂直成分を大きくすることができることが分かる。一方、端面角度が 90° 以上になると、主磁極層 14 の底面にできるエッジの角度が鋭角となり、このエッジから磁束の漏れが生じやすくなる。従って、端面角度は、25° 以上、90° 未満であることが好ましい。また、図 20 に示した結果から、端面角度が約 40° 以上であれば、第 1 の比較例に比べて、記録磁界の垂直成分の最大値を 1000 [Oe] 以上大きくでき、記録ヘッドのオーバーライト特性を 5 dB 以上向上できると考えられる。そこで、端面角度は、40° 以上、90° 未満であることがより好ましい。

#### 【0099】

次に、図 21 ないし図 23 を参照して、本実施の形態において、媒体対向面 A B S における主磁極層 14 の厚みが 0.05 μm 以上、0.3 μm 以下であることが好ましいことを示す 2 つの実験結果について説明する。なお、以下の説明では、媒体対向面 A B S における主磁極層 14 の厚みを、主磁極厚みと呼び、記号 P T で表わす。

#### 【0100】

第 1 の実験では、主磁極厚み P T と、スキュー角と、サイドイレース抑制特性との関係を調べた。なお、サイドイレースとは、あるトラックへの情報の書き込み時に隣接トラックの情報が消去される現象を言う。サイドイレース抑制特性は、このサイドイレースを抑制できる性能を表わす。第 1 の実験では、それぞれ主磁極厚み P T が 0.2 μm、0.3 μm、0.4 μm の 3 つの磁気ヘッドを作製した。これらの磁気ヘッドにおいて、媒体対向面 A B S に露出する主磁極層 14 の面におけるギャップ層 9 とは反対側の辺の長さ（以下、磁極幅と言う。）は 0.18 μm である。

#### 【0101】

サイドイレース抑制特性は、以下のようにして測定した。まず、隣り合う 3 つのトラックに、それぞれ、周波数 249 MHz の信号、周波数 250 MHz の信号、周波数 249 MHz の信号を用いて情報の書き込みを行う。次に、外周側のトラックより情報を読み込み、得られた再生信号のうちの周波数 249 MHz の成分の大きさを T A A 1 とする。また、内周側のトラックより情報を読み込み、得られた再生信号のうちの周波数 249 MHz の成分の大きさを T A A 2 とする。次に、中央のトラックに、周波数 250 MHz の信号を用いて情報の書き込みを 100 回行う。次に、外周側のトラックより情報を読み込み、得られた再生信号のうちの周波数 249 MHz の成分の大きさを T A A 3 とする。また、内周側のトラックより情報を読み込み、得られた再生信号のうちの周波数 249 MHz の成分の大きさを T A A 4 とする。そして、下記の 2 つの式により、外周側のトラックに関するサイドイレース抑制特性 A T E 1 と、内周側のトラックに関するサイドイレース抑制特性 A T E 2 とを求める。

#### 【0102】

$$A T E 1 (\%) = (T A A 3 / T A A 1) \times 100$$

$$A T E 2 (\%) = (T A A 4 / T A A 2) \times 100$$

#### 【0103】

また、ここでは、スキュー角が 0° となる位置よりも磁気ヘッドが内周側の位置にあるときに発生するスキュー角を負の値で表わし、スキュー角が 0° となる位置よりも磁気ヘッドが外周側の位置にあるときに発生するスキュー角を正の値で表わす。

#### 【0104】

第 1 の実験では、3 つの磁気ヘッドのそれぞれについて、スキュー角を変えて、サイドイレース抑制特性 A T E 1、A T E 2 を測定し、主磁極厚み P T と、スキュー角と、サイドイレース抑制特性 A T E 1、A T E 2 との関係を求めた。

#### 【0105】

主磁極厚み P T と、スキュー角と、サイドイレース抑制特性 A T E 1 との関係を、下記の表および図 21 に示す。下記の表において、「P T = 0.2 μm」、「P T = 0.3 μm」、「P T = 0.4 μm」の各項目の下欄中の数字が、それぞれ、主磁極厚み P T が 0.2 μm、0.3 μm、0.4 μm のときのサイドイレース抑制特性 A T E 1 (%) を表

わしている。

【 0 1 0 6 】

【 表 1 】

スキュー角(deg)	P T = 0.2 $\mu$ m	P T = 0.3 $\mu$ m	P T = 0.4 $\mu$ m
- 2 0	9 2 . 2 5	8 9 . 3 3	8 0 . 2 0
- 1 5	9 2 . 1 2	9 0 . 3 3	8 3 . 5 4
- 1 0	9 2 . 1 4	9 0 . 9 7	8 5 . 5 2
- 5	9 4 . 4 7	9 1 . 5 4	8 7 . 2 4
0	9 4 . 5 2	9 2 . 5 4	9 0 . 1 0
5	9 4 . 4 0	9 3 . 6 5	9 0 . 0 8
1 0	9 4 . 0 5	9 4 . 6 4	9 1 . 2 0
1 5	9 4 . 7 9	9 4 . 6 1	9 1 . 4 3
2 0	9 6 . 1 7	9 2 . 3 1	9 0 . 3 8

10

20

【 0 1 0 7 】

また、主磁極厚み P T と、スキュー角と、サイドイレース抑制特性 A T E 2 との関係を、下記の表および図 2 2 に示す。下記の表において、「 P T = 0 . 2  $\mu$  m 」、「 P T = 0 . 3  $\mu$  m 」、「 P T = 0 . 4  $\mu$  m 」の各項目の下の欄中の数字が、それぞれ、主磁極厚み P T が 0 . 2  $\mu$  m 、 0 . 3  $\mu$  m 、 0 . 4  $\mu$  m のときのサイドイレース抑制特性 A T E 2 ( % ) を表わしている。

【 0 1 0 8 】

【 表 2 】

スキュー角(deg)	P T = 0.2 $\mu$ m	P T = 0.3 $\mu$ m	P T = 0.4 $\mu$ m
- 2 0	9 8 . 0 5	9 6 . 5 9	9 2 . 1 3
- 1 5	9 7 . 6 8	9 6 . 5 5	9 2 . 4 2
- 1 0	9 7 . 2 8	9 6 . 2 0	9 2 . 1 2
- 5	9 6 . 9 3	9 5 . 4 4	9 0 . 9 5
0	9 6 . 0 8	9 5 . 6 7	9 0 . 8 5
5	9 6 . 2 1	9 5 . 3 3	9 1 . 4 5
1 0	9 3 . 9 1	9 2 . 8 1	8 8 . 7 1
1 5	9 4 . 5 0	9 2 . 0 7	8 7 . 2 4
2 0	9 2 . 5 7	8 8 . 4 0	8 3 . 2 0

30

40

【 0 1 0 9 】

50

サイドイレース抑制特性 A T E 1、A T E 2 は、値が大きいほど、サイドイレースが抑制されていることを表わす。サイドイレース抑制特性 A T E 1、A T E 2 は、いずれも 90 % 以上であることが好ましい。上記の 2 つの表と図 2 1 および図 2 2 から、主磁極厚み P T が 0 . 3  $\mu$  m 以下であれば、スキュー角が - 20 ( d e g ) 近傍あるいは 20 ( d e g ) 近傍のときを除いて、サイドイレース抑制特性 A T E 1、A T E 2 が、いずれも 90 % 以上となることが分かる。従って、主磁極厚み P T は 0 . 3  $\mu$  m 以下であることが好ましい。

#### 【 0 1 1 0 】

次に、第 2 の実験について説明する。第 2 の実験では、主磁極厚み P T と、オーバーライト特性 O W との関係を調べた。第 2 の実験では、主磁極厚み P T が 0 . 20  $\mu$  m、0 . 15  $\mu$  m、0 . 13  $\mu$  m、0 . 10  $\mu$  m、0 . 08  $\mu$  m、0 . 05  $\mu$  m の 6 つの磁気ヘッドを作製した。これらの磁気ヘッドにおいて、磁極幅は 0 . 12  $\mu$  m、媒体対向面 A B S と第 1 の位置 P 1 との間の距離は 0 . 3  $\mu$  m、媒体対向面 A B S と第 2 の位置 P 2 との間の距離は 0 . 2  $\mu$  m、斜面 1 4 a と第 1 の部分 1 4 A の上面とのなす角度は 45 ° である。

#### 【 0 1 1 1 】

オーバーライト特性 O W は、以下のようにして測定した。まず、所定のトラックに、周波数 300 M H z の信号を用いて情報の書き込みを行う。次に、そのトラックより情報を読み込み、得られた再生信号のうちの周波数 300 M H z の成分の大きさを T A A 5 とする。次に、同一トラックに、周波数 50 M H z の信号を用いて情報の重ね書きを行う。次に、そのトラックより情報を読み込み、得られた再生信号のうちの周波数 300 M H z の成分の大きさを T A A 6 とする。そして、下記の式により、オーバーライト特性 O W を求める。

#### 【 0 1 1 2 】

$$O W (d B) = - 20 \log_{10} (T A A 6 / T A A 5)$$

#### 【 0 1 1 3 】

主磁極厚み P T とオーバーライト特性 O W との関係を、下記の表および図 2 3 に示す。なお、下記の表には、記録磁界の垂直成分 ( O e = x 79 . 6 A / m ) も合わせて記載している。

#### 【 0 1 1 4 】

【表 3】

PT ( $\mu$ m)	OW (dB)	磁界垂直成分 (Oe)
0. 20	45. 0	11393
0. 15	38. 6	10122
0. 13	36. 1	9613
0. 10	32. 3	8850
0. 08	28. 3	8341
0. 05	25. 9	7578

#### 【 0 1 1 5 】

オーバーライト特性 O W は、値が大きいほど、重ね書きの性能が高いことを表わす。オーバーライト特性 O W は、最低でも 25 d B は必要であり、30 d B 以上であることが好ましい。上記の表と図 2 3 から分かるように、オーバーライト特性 O W を 25 d B 以上とす

るには、主磁極厚み P T は  $0.05\text{ }\mu\text{m}$  以上とする必要がある。

【0116】

以上の2つの実験から分かるように、媒体対向面 A B S における主磁極層 1 4 の厚みは、 $0.05\text{ }\mu\text{m}$  以上、 $0.3\text{ }\mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

【0117】

以上説明したように、本実施の形態に係る磁気ヘッドでは、主磁極層 1 4 の厚みが大きくなり始める第 2 の位置 P 2 は、主磁極層 1 4 の幅が大きくなり始める第 1 の位置 P 1 と媒体対向面 A B S との間に配置されている。これにより、媒体対向面 A B S における主磁極層 1 4 の厚みを小さくして、隣接トラックへの書き込みを防止しながら、記録磁界強度の減少を抑制することができる。

10

【0118】

また、本実施の形態において、媒体対向面 A B S と第 2 の位置 P 2 との間の領域では、主磁極層 1 4 の第 1 の部分 1 4 A は、媒体対向面 A B S からの距離によっては幅も厚みも変化しない。そのため、磁気ヘッドの製造過程において、研磨によって媒体対向面 A B S を形成する際に、研磨終了位置が多少ずれても、媒体対向面 A B S における主磁極層 1 4 の幅や厚みが変化しない。従って、本実施の形態によれば、均質な磁気ヘッドを量産することが可能になる。

【0119】

また、本実施の形態では、主磁極層 1 4 の第 1 の部分 1 4 A におけるギャップ層 9 とは反対側の面、すなわち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）の面は実質的に平坦である。これにより、記録媒体の進行方向 T についての記録磁界の垂直成分の変化を急峻にすることができ、その結果、記録密度の向上が可能になる。

20

【0120】

また、本実施の形態では、主磁極層 1 4 は、ギャップ層 9 に接する第 1 層 1 4 1 と、第 1 層 1 4 1 に積層された第 2 層 1 4 2 とを有している。第 1 層 1 4 1 は第 2 の位置 P 2 に配置された媒体対向面 A B S 側の端部を有し、第 2 層 1 4 2 は媒体対向面 A B S に露出する端面を有している。このように主磁極層 1 4 を 2 つの層 1 4 1 , 1 4 2 によって構成することにより、主磁極層 1 4 の形成が容易になる。

【0121】

また、本実施の形態では、第 2 層 1 4 2 の飽和磁束密度を第 1 層 1 4 1 の飽和磁束密度よりも大きくしている。これにより、主磁極層 1 4 を通過する磁束が、主磁極層 1 4 の途中、特に第 1 の位置 P 1 や第 2 の位置 P 2 で漏れることを防止して、磁束を効率よく媒体対向面 A B S 側の端部まで導くことができる。

30

【0122】

また、本実施の形態では、第 1 の部分 1 4 A のギャップ層 9 側の面（底面）は、第 2 の位置 P 2 よりも媒体対向面 A B S から遠い領域において、媒体対向面 A B S から離れるに従って、第 1 の部分 1 4 A のギャップ層 9 とは反対側の面（上面）から離れるように傾斜した斜面 1 4 a を含んでいる。これにより、主磁極層 1 4 を通過する磁束が主磁極層 1 4 の途中で漏れることを防止しながら、主磁極層 1 4 より発生される記録磁界の垂直成分を大きくすることができる。

40

【0123】

また、本実施の形態では、媒体対向面 A B S における主磁極層 1 4 の厚みを、 $0.05\text{ }\mu\text{m}$  以上、 $0.3\text{ }\mu\text{m}$  以下としている。このように媒体対向面 A B S における主磁極層 1 4 の厚みを小さくすることにより、隣接トラックへの書き込みをより確実に防止することができる。

【0124】

また、本実施の形態において、媒体対向面 A B S に露出する主磁極層 1 4 の面の形状を、ギャップ層 9 側の辺が反対側の辺よりも小さい台形形状とした場合には、隣接トラックへの書き込みをより確実に防止することができる。

【0125】

50

また、本実施の形態では、ヨーク層 13 は、主磁極層 14 の第 2 の部分 14 B のギャップ層 9 側の面に接している。これにより、エッチングによって主磁極層 14 をパターンニングする際に、ヨーク層 13 がダメージを受けることを防止することができる。

【0126】

また、本実施の形態では、主磁極層 14 の第 1 層 141 を形成する前に、ギャップ層 9 をエッチングして、ギャップ層 9 の上面に、第 1 層 141 を配置すべき凹部 151 を形成し、この凹部 151 内に第 1 層 141 を形成している。これにより、主磁極層 14 の形成がより容易になる。

【0127】

また、本実施の形態では、凹部 151 を形成する工程において、凹部 151 の媒体対向面 A B S 側の端面 151 a を、深くなるに従って媒体対向面 A B S から離れるように傾斜した斜面としている。そして、この端面 151 a によって、主磁極層 14 における斜面 14 a が形成される。これにより、主磁極層 14 を通過する磁束が主磁極層 14 の途中で漏れることを防止しながら、主磁極層 14 より発生される記録磁界の垂直成分を大きくすることができる。

【0128】

また、本実施の形態では、主磁極層 14 の第 1 層 141 を形成する工程と第 2 層 142 を形成する工程との間において、ギャップ層 9 および第 1 層 141 の上面を平坦化する工程を含んでもよい。この場合には、第 1 層 141 の上面とギャップ層 9 の上面との間に発生するわずかな段差を解消することができ、これにより、主磁極層 14 を精度よく形成することができる。

【0129】

本実施の形態に係るヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置は、前述の本実施の形態に係る磁気ヘッドと同様の効果を奏する。

【0130】

なお、本発明は上記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、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。

【0131】

【発明の効果】

以上説明したように、請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、主磁極層の厚みが変化する第 2 の位置は、主磁極層の幅が変化する第 1 の位置と媒体対向面との間に配置されている。これにより、本発明によれば、隣接トラックへの書き込みを防止しながら、記録磁界強度の減少を抑制することができるという効果を奏する。また、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドにおいて、媒体対向面と第 2 の位置との間の領域では、主磁極層の第 1 の部分は、媒体対向面からの距離によっては幅も厚みも変化しない。そのため、本発明によれば、磁気ヘッドの製造過程において、研磨によって媒体対向面を形成する際に、研磨終了位置が多少ずれても、媒体対向面における主磁極層の幅や厚みが増加しない。従って、本発明によれば、量産に適した垂直磁気記録用磁気ヘッドを実現することができるという効果を奏する。また、本発明では、主磁極層の第 1 の部分におけるギャップ層とは反対側の第 2 面は実質的に平坦である。これにより、本発明によれば、記録媒体の進行方向についての記録磁界の垂直成分の変化を急峻にすることができ、その結果、記録密度の向上が可能になるという効果を奏する。

【0132】

また、請求項 2 または 3 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、主磁極層は、ギャップ層に接する第 1 層と、第 1 層に積層された第 2 層とを有し、第 1 層は第 2 の位置に配置された媒体対向面側の端部を有し、第 2 層は媒体対向面に露出する端面を有している。これにより、本発明によれば、主磁極層の形成が容易になるという効果を奏する。

【0133】

また、請求項 3 記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、第 2 層の飽和磁束密度を第 1 層の

飽和磁束密度よりも大きくしている。これにより、本発明によれば、主磁極層を通過する磁束が主磁極層の途中で漏れることを防止して、磁束を効率よく媒体対向面側の端部まで導くことができるという効果を奏する。

【0134】

また、請求項4または5記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、主磁極層の第1の部分の第1面は、第2の位置よりも媒体対向面から遠い領域において、媒体対向面から離れるに従って第2面から離れるように傾斜した斜面を含んでいる。これにより、本発明によれば、主磁極層を通過する磁束が主磁極層の途中で漏れることを防止しながら、主磁極層より発生される記録磁界の垂直成分を大きくすることができるという効果を奏する。

【0135】

また、請求項6記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、媒体対向面における主磁極層の厚みを、 $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $0.3\mu\text{m}$ 以下としている。これにより、本発明によれば、隣接トラックへの書き込みをより確実に防止することができるという効果を奏する。

【0136】

また、請求項7記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、媒体対向面に露出する主磁極層の面の形状を、ギャップ層側の辺が反対側の辺よりも小さい台形形状としている。これにより、本発明によれば、隣接トラックへの書き込みをより確実に防止することができるという効果を奏する。

【0137】

また、請求項8記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドでは、ヨーク層は、主磁極層の第2の部分のギャップ層側の面に接している。これにより、本発明によれば、主磁極層のパターニングによってヨーク層がダメージを受けることを防止することができるという効果を奏する。

【0138】

請求項9ないし17のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法によれば、本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドの効果と同様に、隣接トラックへの書き込みを防止しながら記録磁界強度の減少を抑制することができ、量産に適した垂直磁気記録用磁気ヘッドを実現することができるという効果を奏する。また、本発明の製造方法によれば、更に、記録媒体の進行方向についての記録磁界の垂直成分の変化を急峻にすることができ、その結果、記録密度の向上が可能になるという効果を奏する。また、本発明では、主磁極層を形成する工程は、第2の位置に配置された媒体対向面側の端部を有すると共にギャップ層に接する第1層を形成する工程と、第1層の上に、媒体対向面に露出する端面を有する第2層を形成する工程とを含んでいる。これにより、本発明によれば、主磁極層の形成が容易になるという効果を奏する。

【0139】

また、請求項10ないし14のいずれかに記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法では、主磁極層を形成する工程は、第1層を形成する工程の前に、ギャップ層をエッチングして、ギャップ層の上面に、第1層を配置すべき凹部を形成する工程を含み、第1層を形成する工程は、凹部内に第1層を形成する。これにより、本発明によれば、主磁極層の形成がより容易になるという効果を奏する。

【0140】

また、請求項11記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法では、凹部を形成する工程において、凹部の媒体対向面側の端面を、深くなるに従って媒体対向面から離れるように傾斜した斜面とする。これにより、本発明によれば、主磁極層を通過する磁束が主磁極層の途中で漏れることを防止しながら、主磁極層より発生される記録磁界の垂直成分を大きくすることができるという効果を奏する。

【0141】

また、請求項15記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法では、第2層を形成する工程は、第1層の上に、第2層を形成するための被パターニング層を形成する工程と、被パターニング層の上に、被パターニング層をパターニングするためのエッチングマスクを形

10

20

30

40

50

成する工程と、エッチングマスクを用いて、被パターンニング層および第1層を選択的にエッチングする工程とを含んでいる。そして、エッチングする工程において、被パターンニング層がパターンニングされることによって第2層が形成され、且つ第1層がパターンニングされる。本発明によれば、第1層と第2層との位置合わせを正確を行うことができ、その結果、良好な記録特性を実現することができるという効果を奏する。

【0142】

また、請求項16記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法では、主磁極層を形成する工程は、第1層を形成する工程と第2層を形成する工程との間において、ギャップ層および第1層の上面を平坦化する工程を含んでいる。これにより、本発明によれば、第1層の上面とギャップ層の上面との間に発生するわずかな段差を解消することができ、その結果、主磁極層を精度よく形成することができるという効果を奏する。

10

【0143】

また、請求項17記載の垂直磁気記録用磁気ヘッドの製造方法では、主磁極層を形成する工程は、第2層を形成した後に、第2層の上面を平坦化する工程を含んでいる。これにより、本発明によれば、媒体対向面において、主磁極層のギャップ層とは反対側の端部を平坦化することができる。これにより、媒体対向面において主磁極層より発生される磁界を、トラックに交差する方向について均一化することができ、その結果、記録媒体におけるビットパターン形状の歪みを抑えて、線記録密度を向上させることができるという効果を奏する。

【0144】

20

また、請求項18記載のヘッドジンバルアセンブリまたは請求項19記載のハードディスク装置によれば、前述の本発明の垂直磁気記録用磁気ヘッドと同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態に係る垂直磁気記録用磁気ヘッドの構成を示す断面図である。

【図2】本発明の一実施の形態における主磁極層の斜視図である。

【図3】本発明の一実施の形態における主磁極層の断面図である。

【図4】本発明の一実施の形態における主磁極層の形状を説明するための説明図である。

【図5】本発明の一実施の形態における主磁極層の形状方法を説明するための説明図である。

30

【図6】図5に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図7】図6に示した工程に続く工程を示す説明図である。

【図8】図7に示した工程に続く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】本発明の一実施の形態に係るヘッドジンバルアセンブリに含まれるスライダを示す斜視図である。

【図14】本発明の一実施の形態に係るヘッドジンバルアセンブリを含むヘッドアームアセンブリを示す斜視図である。

40

【図15】本発明の一実施の形態に係るハードディスク装置の要部を示す説明図である。

【図16】本発明の一実施の形態に係るハードディスク装置の平面図である。

【図17】第1の比較例における主磁極層の形状を示す説明図である。

【図18】第2の比較例における主磁極層の形状を示す説明図である。

【図19】主磁極層より発生される記録磁界の垂直成分を求めたシミュレーションの結果を示す特性図である。

【図20】主磁極層における端面角度と記録磁界の垂直成分の最大値との対応関係を求めたシミュレーションの結果を示す特性図である。

【図21】本発明の一実施の形態に関わる第1の実験の結果を示す特性図である。

50

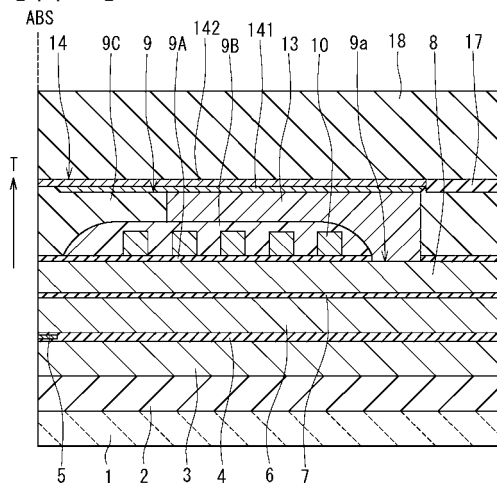
【図 2 2】本発明の一実施の形態に関わる第 1 の実験の結果を示す他の特性図である。

【図 23】本発明の一実施の形態に関わる第 2 の実験の結果を示す他の特性図である。

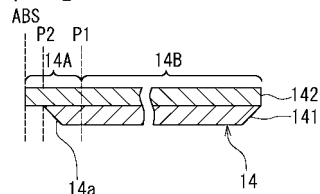
【符号の説明】

3 ... 下部シールド層、 4 ... 絶縁層、 5 ... M R 素子、 6 ... 上部シールド層、 7 ... 非磁性層、  
8 ... 補助磁極層、 9 ... ギャップ層、 9 A , 9 B , 9 C ... 絶縁層、 10 ... 薄膜コイル、 13  
... ヨーク層、 14 ... 主磁極層、 14 A ... 第 1 の部分、 14 B ... 第 2 の部分、 14 1 ... 第 1  
層、 14 2 ... 第 2 層。

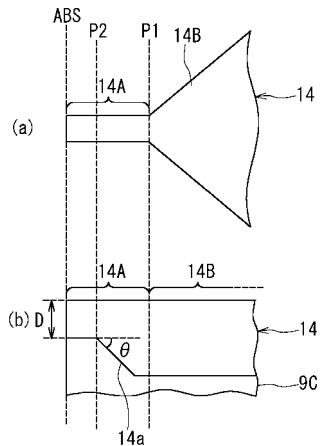
【 図 1 】



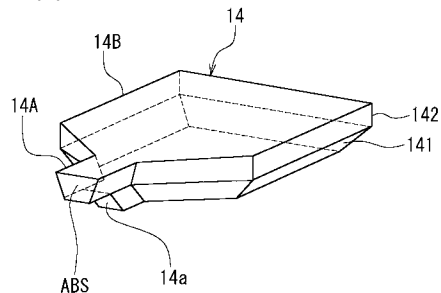
【 図 3 】



【 図 4 】

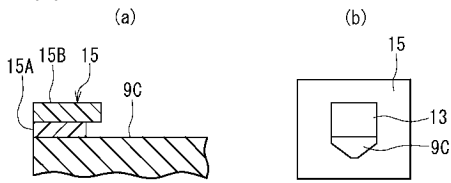


【圖 2】

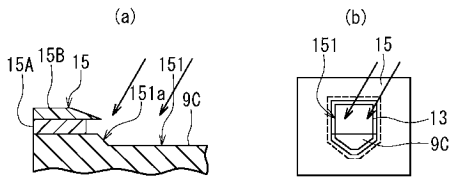




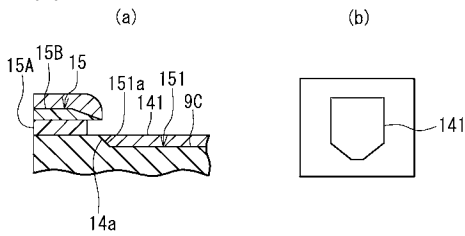
【図 5】



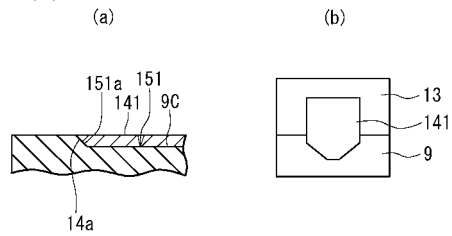
【図 6】



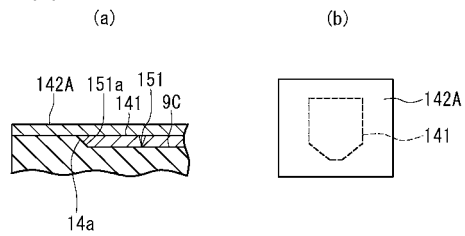
【図 7】



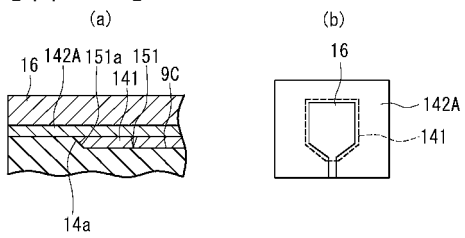
【図 8】



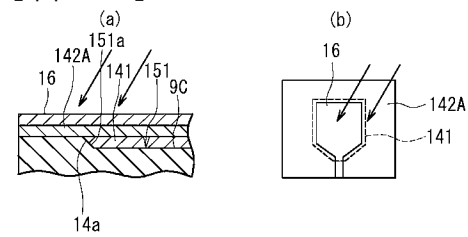
【図 9】



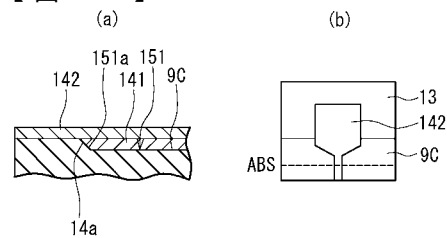
【図 10】



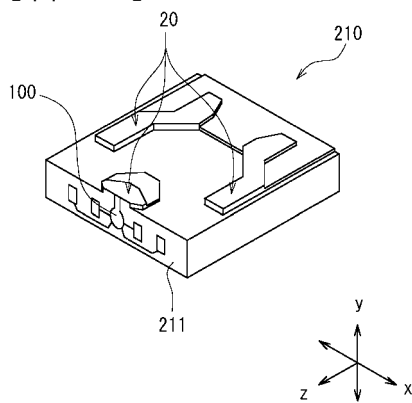
【図 11】



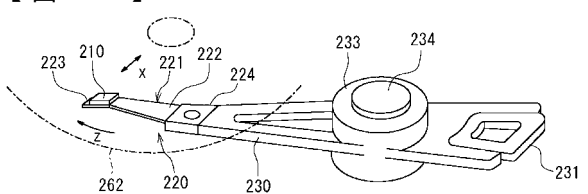
【図 12】



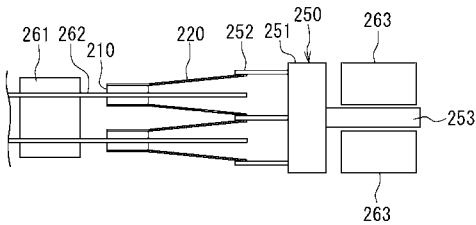
【図 13】



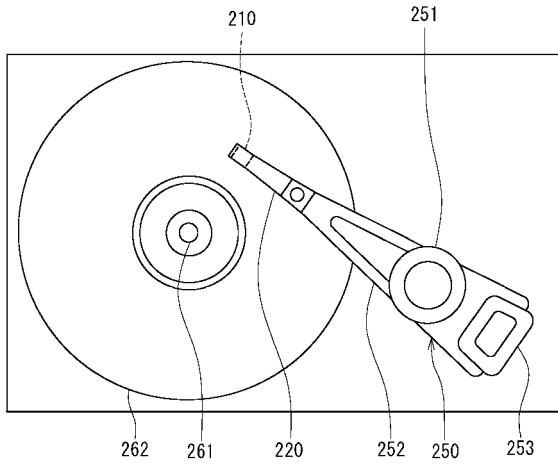
【図 14】



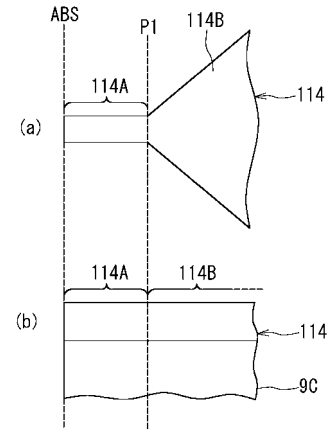
【図 15】



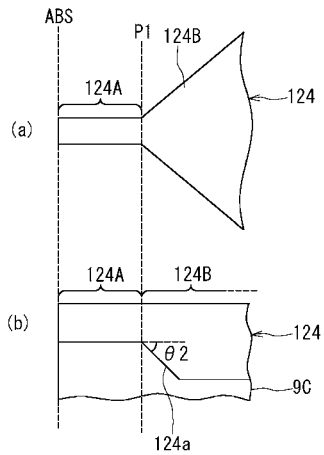
【図 16】



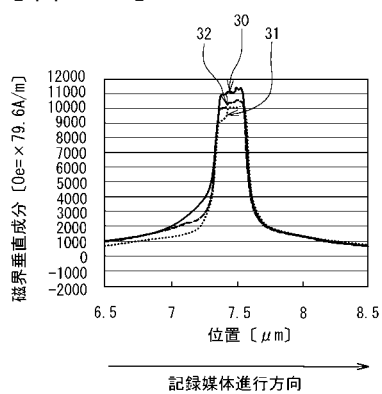
【図 17】



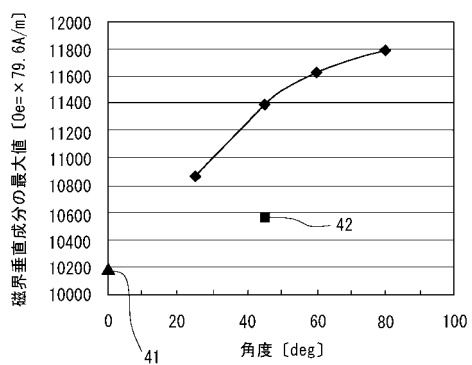
【図 18】



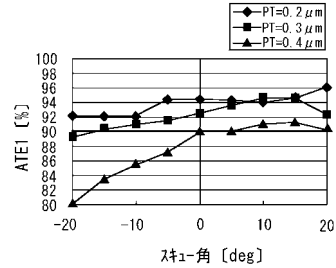
【図 19】



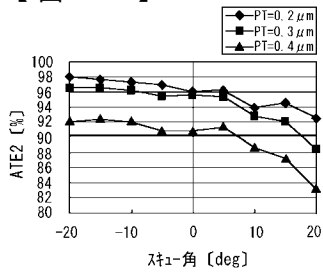
【図 20】



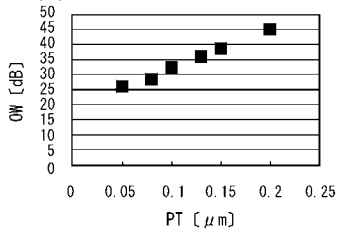
【図 21】



【図 2 2】



【図 2 3】



---

フロントページの続き

(72)発明者 太田 憲和

東京都中央区日本橋一丁目１３番１号 ティーディーケイ株式会社内

(72)発明者 六本木 哲也

東京都中央区日本橋一丁目１３番１号 ティーディーケイ株式会社内

Fターム(参考) 5D033 AA05 BA08 CA02 DA02 DA07 DA31