

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-293761

(P2005-293761A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

G 1 1 B 5/39

H 0 1 L 43/08

F I

G 1 1 B 5/39

H 0 1 L 43/08

テーマコード (参考)

5 D 0 3 4

Z

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2004-109712 (P2004-109712)

(22) 出願日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(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

(74) 代理人 100107559

弁理士 星宮 勝美

(72) 発明者 町田 貴彦

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T

D K 株式会社内

(72) 発明者 島沢 幸司

東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T

D K 株式会社内

Fターム(参考) 5D034 BA04 BA15

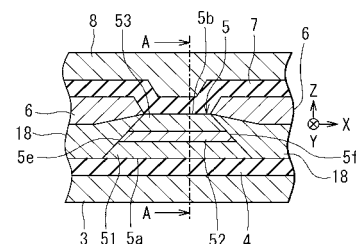
(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置

(57) 【要約】

【課題】固定層の磁化の方向を固定するための層を含まないスピバルブ型の磁気抵抗効果素子を用いながら、固定層の磁化の方向を強固に固定できるようにする。

【解決手段】MR素子5は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性導電層52と、この非磁性導電層52における一方の面に隣接するように配置され、外部磁界に応じて磁化の方向が変化するフリー層53と、非磁性導電層52の他方の面に隣接するように配置され、エアベアリング面に垂直な方向に磁化の方向が固定された固定層51とを含んでいる。MR素子5は、固定層51の磁化の方向を固定するための層を含んでいない。固定層51は、磁歪定数が正の値の強磁性材料によって構成された強磁性層を含んでいる。MR素子5に隣接する下部シールドギャップ膜4と上部シールドギャップ膜7は、いずれも、600MPa以上の圧縮応力を有している。

【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、

互いに反対側を向き且つ前記媒体対向面と交差するように配置された第 1 および第 2 の面を有し、前記媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、

前記磁気抵抗効果素子の第 1 の面または第 2 の面に隣接するように配置された絶縁膜とを備えた薄膜磁気ヘッドであって、

前記磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く 2 つの面を有する非磁性導電層と、前記非磁性導電層における一方の面に隣接するように配置され、外部磁界に応じて磁化の方向が変化するフリー層と、前記非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置され、他の層の作用によらずに前記媒体対向面に垂直な方向に磁化の方向が固定された固定層とを含み

10

、前記固定層は、磁歪定数が正の値の強磁性材料よりなる層を含み、

前記絶縁膜は、600MPa以上の圧縮応力を有することを特徴とする薄膜磁気ヘッド

【請求項 2】

前記フリー層に外部磁界が印加されない状態では、前記フリー層の磁化はトラック幅方向に向いていることを特徴とする請求項 1 記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項 3】

前記絶縁膜は、その材料としてSiO₂、SiC、SiN、AlN、TiO、BNのいずれかを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜磁気ヘッド。

20

【請求項 4】

前記磁気抵抗効果素子は、前記フリー層と、前記非磁性導電層としての第 1 および第 2 の非磁性導電層と、第 1 および第 2 の固定層とを含み、

前記フリー層は、互いに反対側を向く 2 つの面を有し、

前記第 1 の非磁性導電層は、互いに反対側を向く 2 つの面を有し、一方の面が前記フリー層における一方の面に隣接するように配置され、

前記第 2 の非磁性導電層は、互いに反対側を向く 2 つの面を有し、一方の面が前記フリー層における他方の面に隣接するように配置され、

前記第 1 の固定層は、前記第 1 の非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置され、

30

前記第 2 の固定層は、前記第 2 の非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置され、

前記第 1 および第 2 の固定層の少なくとも一方は、他の層の作用によらずに前記媒体対向面に垂直な方向に磁化の方向が固定された固定層である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薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドを含み、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 6】

40

請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の薄膜磁気ヘッドを含み、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】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気抵抗効果素子を備えた薄膜磁気ヘッド、ならびにこの薄膜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。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、基板に対して、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積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

【 0 0 0 3 】

MR素子としては、異方性磁気抵抗（Anisotropic Magnetoresistive）効果を用いたAMR素子や、巨大磁気抵抗（Giant Magnetoresistive）効果を用いたGMR素子や、トンネル磁気抵抗（Tunnel-type Magnetoresistive）効果を用いたTMR素子等がある。

10

【 0 0 0 4 】

再生ヘッドの特性としては、高感度および高出力であることが要求される。この要求を満たす再生ヘッドとして、既に、スピンバルブ型GMR素子を用いたGMRヘッドが量産されている。

【 0 0 0 5 】

一般的なスピンバルブ型GMR素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性導電層と、この非磁性導電層の一方の面に隣接するように配置されたフリー層と、非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置された固定層と、この固定層における非磁性導電層とは反対側の面に隣接するように配置された反強磁性層とを有している。フリー層は信号磁界に応じて磁化の方向が変化する層である。固定層は、磁化の方向が固定された強磁性層である。反強磁性層は、固定層との交換結合により、固定層の磁化の方向を固定する層である。

20

【 0 0 0 6 】

また、例えば特許文献1ないし3に示されるように、反強磁性層のような他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層を含み、反強磁性層を含まないスピンバルブ型GMR素子も提案されている。特許文献1ないし3に示されるGMR素子において、固定層は、2つの強磁性層と、これらの間に配置された薄い結合層とを有している。この固定層では、2つの強磁性層は、反強磁性的に、すなわち、それぞれの磁化の方向が反平行になるように結合している。

【 0 0 0 7 】

例えば特許文献4に示されるように、一般的に、GMRヘッドにおいて、GMR素子は、その上下に配置された2つのシールド層の間に配置されている。GMR素子と各シールド層との間には絶縁膜が設けられている。また、GMR素子のトラック幅方向の両側には、フリー層にバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加層が配置される。バイアス磁界は、フリー層に記録媒体からの信号磁界が印加されない状態において、フリー層の磁化をトラック幅方向に向ける。一方、固定層の磁化の方向は、ヘッドの媒体対向面に垂直な方向に固定される。従って、フリー層に記録媒体からの信号磁界が印加されない状態では、固定層の磁化の方向とフリー層の磁化の方向とがなす角度は90°に保たれる。このGMRヘッドに、記録媒体から、媒体対向面に垂直な方向の信号磁界が印加されると、フリー層の磁化の方向が変化し、その結果、固定層の磁化の方向とフリー層の磁化の方向とがなす角度が変化する。この角度によってGMR素子の電気抵抗が変化する。従って、このGMR素子の電気抵抗の変化を検出することにより、記録媒体に記録された情報を再生することができる。

30

40

【 0 0 0 8 】

高記録密度化のためには、GMRヘッドにおける2つのシールド層間の距離である再生ギャップ長は小さい方がよい。前述の反強磁性層を含まないGMR素子は、反強磁性層を含むGMR素子に比べて再生ギャップ長を小さくすることができるため、高記録密度化に適している。

【 0 0 0 9 】

【特許文献1】特開平8 - 7235号公報

50

【特許文献2】特開2000-276714号公報

【特許文献3】特開2000-113418号公報

【特許文献4】特開2002-100011号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

ところで、他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層を含むGMR素子を用いたGMRヘッドでは、固定層の磁化が媒体対向面に垂直な方向に向くように固定層を着磁することにより、固定層に誘導磁気異方性を与えている。また、このGMRヘッドでは、バイアス磁界印加層の磁化がトラック幅方向に向くように、バイアス磁界印加層を着磁する必要もある。固定層の着磁に必要な磁界は、バイアス磁界印加層の着磁に必要な磁界よりも大きい。例えば、固定層の着磁に必要な磁界は5kOe~10kOe(5×79.6kA/m~10×79.6kA/m)程度、バイアス磁界印加層の着磁に必要な磁界は1.5kOe(1.5×79.6kA/m)程度である。そのため、固定層の着磁を行った後に、バイアス磁界印加層の着磁を行なうことになる。

10

【0011】

他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層を含むGMR素子を用いたGMRヘッドでは、バイアス磁界印加層の着磁の際に、固定層の磁化の方向が変化してはいけない。しかしながら、実際のヘッドの製造過程においては、固定層の誘導磁気異方性を十分大きくすることが難しいことから、バイアス磁界印加層の着磁の際に、固定層の磁化の方向が変化してしまうヘッドも発生する。このように固定層の磁化の方向が変化したヘッドでは、出力が低下する。この出力の低下が許容範囲を越えたヘッドは不良品となる。

20

【0012】

ところで、特許文献3に記載されているように、GMRヘッドにおけるGMR素子には、内部応力として、媒体対向面に垂直な方向の引っ張り応力が存在していることが知られている。このことから、特許文献3には、固定層を構成する強磁性膜の磁歪定数を正の値にすべきであると記載されている。固定層を構成する強磁性膜の磁歪定数を正の値にすることにより、逆磁歪効果により、上記引っ張り応力に応じて、固定層には、磁化を媒体対向面に垂直な方向に向ける磁気異方性が発生する。この磁気異方性は、固定層の磁化の方向の固定を強固にする。

30

【0013】

しかしながら、他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層を含むGMR素子を用いたGMRヘッドにおいて、固定層を構成する強磁性膜の磁歪定数を正の値にしただけでは、固定層の磁化の方向の固定を十分強固にすることは難しい。

【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、他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層を含むスピンバルブ型の磁気抵抗効果素子を用いながら、固定層の磁化の方向を強固に固定できるようにした薄膜磁気ヘッド、ならびにこの薄膜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。

40

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面と、互いに反対側を向き且つ媒体対向面と交差するように配置された第1および第2の面を有し、媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の第1の面または第2の面に隣接するように配置された絶縁膜とを備えている。磁気抵抗効果素子は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性導電層と、非磁性導電層における一方の面に隣接するように配置され、外部磁界に応じて磁化の方向が変化するフリー層と、非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置され、他の層の作用によらずに媒体対向面に垂直な方向に磁化の方向が固定された固定層とを含む。固定層は、磁歪定数が正の値の強磁性材料よりなる層を含み、

50

絶縁膜は、600 MPa以上の圧縮応力を有する。

【0016】

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、磁気抵抗効果素子の第1の面または第2の面に隣接するように配置された絶縁膜が600 MPa以上の圧縮応力を有することにより、固定層に大きな引っ張り応力が与えられる。これにより、磁歪定数が正の値の強磁性材料よりなる層を含む固定層において、磁化を媒体対向面に垂直な方向に向ける磁気異方性が大きくなり、固定層の磁化の方向が強固に固定される。

【0017】

本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、フリー層に外部磁界が印加されない状態では、フリー層の磁化はトラック幅方向に向いていてもよい。

10

【0018】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、絶縁膜は、その材料としてSiO₂、SiC、SiN、AlN、TiO、BNのいずれかを含んでいてもよい。

【0019】

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気抵抗効果素子は、フリー層と、第1および第2の非磁性導電層と、第1および第2の固定層とを含んでいてもよい。この場合、フリー層は、互いに反対側を向く2つの面を有している。第1の非磁性導電層は、互いに反対側を向く2つの面を有し、一方の面がフリー層における一方の面に隣接するように配置されている。第2の非磁性導電層は、互いに反対側を向く2つの面を有し、一方の面がフリー層における他方の面に隣接するように配置されている。第1の固定層は、第1の非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置されている。第2の固定層は、第2の非磁性導電層の他方の面に隣接するように配置されている。第1および第2の固定層の少なくとも一方は、他の層の作用によらずに媒体対向面に垂直な方向に磁化の方向が固定された固定層である。

20

【0020】

本発明のヘッドジンバルアセンブリは、本発明の薄膜磁気ヘッドを含み、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。

【0021】

本発明のハードディスク装置は、本発明の薄膜磁気ヘッドを含み、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。

30

【発明の効果】

【0022】

本発明では、磁気抵抗効果素子の第1の面または第2の面に隣接するように配置された絶縁膜が600 MPa以上の圧縮応力を有することにより、固定層に大きな引っ張り応力が与えられる。これにより、磁歪定数が正の値の強磁性材料よりなる層を含む固定層において、磁化を媒体対向面に垂直な方向に向ける磁気異方性が大きくなる。従って、本発明によれば、他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層を含むスピナルブ型の磁気抵抗効果素子を用いながら、固定層の磁化の方向を強固に固定することができるという効果を奏する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

[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3および図4を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの構成および製造方法の概略について説明する。図3は薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面および基板に垂直な断面を示す断面図、図4は薄膜磁気ヘッドの磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【0024】

50

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、アルティック ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$) 等のセラミック材料よりなる基板 1 の上に、スパッタリング法等によって、アルミナ (Al_2O_3) 等の絶縁材料よりなる絶縁層 2 を、例えば $1 \sim 5 \mu\text{m}$ の厚さに形成する。次に、絶縁層 2 の上に、スパッタリング法またはめっき法等によって、パーマロイ (NiFe) 等の磁性材料よりなる再生ヘッド用の下部シールド層 3 を、例えば約 $3 \mu\text{m}$ の厚さに形成する。

【0025】

次に、下部シールド層 3 の上に、スパッタリング法等によって、絶縁材料よりなる下部シールドギャップ膜 4 を、例えば $10 \sim 200 \text{ nm}$ の厚さに形成する。次に、下部シールドギャップ膜 4 の上に、再生用の MR 素子 5 と、図示しない一対のバイアス磁界印加層と、一対の電極層 6 を、それぞれ、例えば数十 nm の厚さに形成する。次に、下部シールドギャップ膜 4 および MR 素子 5 の上に、スパッタリング法等によって、絶縁材料よりなる上部シールドギャップ膜 7 を、例えば $10 \sim 200 \text{ nm}$ の厚さに形成する。

10

【0026】

次に、上部シールドギャップ膜 7 の上に、磁性材料からなり、記録ヘッドの下部磁極層を兼ねた再生ヘッドの上部シールド層 8 を、例えば $3 \sim 4 \mu\text{m}$ の厚さに形成する。なお、上部シールド層 8 に用いる磁性材料は、 NiFe 、 CoFe 、 CoFeNi 、 FeN 等の軟磁性材料である。上部シールド層 8 は、スパッタリング法またはめっき法等によって形成される。なお、上部シールド層 8 の代わりに、上部シールド層と、この上部シールド層の上にスパッタリング法等によって形成されたアルミナ等の非磁性材料よりなる分離層と、この分離層の上に形成された下部磁極層とを設けてもよい。

20

【0027】

次に、上部シールド層 8 の上に、スパッタリング法等によって、アルミナ等の非磁性材料よりなる記録ギャップ層 9 を、例えば $50 \sim 300 \text{ nm}$ の厚さに形成する。次に、磁路形成のために、後述する薄膜コイルの中心部分において、記録ギャップ層 9 を部分的にエッチングしてコンタクトホール 9a を形成する。

【0028】

次に、記録ギャップ層 9 の上に、例えば銅 (Cu) よりなる薄膜コイルの第 1 層部分 10 を、例えば $2 \sim 3 \mu\text{m}$ の厚さに形成する。なお、図 3 において、符号 10a は、第 1 層部分 10 のうち、後述する薄膜コイルの第 2 層部分 15 に接続される接続部を表している。第 1 層部分 10 は、コンタクトホール 9a の周囲に巻回される。

30

【0029】

次に、薄膜コイルの第 1 層部分 10 およびその周辺の記録ギャップ層 9 を覆うように、フォトレジスト等の、加熱時に流動性を有する有機絶縁材料よりなる絶縁層 11 を所定のパターンに形成する。次に、絶縁層 11 の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。この熱処理により、絶縁層 11 の外周および内周の各端縁部分は、丸みを帯びた斜面形状となる。

【0030】

次に、絶縁層 11 のうちの後述するエアベアリング面 20 側の斜面部分からエアベアリング面 20 側にかけての領域において、記録ギャップ層 9 および絶縁層 11 の上に、記録ヘッド用の磁性材料によって、上部磁極層 12 のトラック幅規定層 12a を形成する。上部磁極層 12 は、このトラック幅規定層 12a と、後述する連結部分層 12b およびヨーク部分層 12c とで構成される。

40

【0031】

トラック幅規定層 12a は、記録ギャップ層 9 の上に形成され、上部磁極層 12 の磁極部分となる先端部と、絶縁層 11 のエアベアリング面 20 側の斜面部分の上に形成され、ヨーク部分層 12c に接続される接続部とを有している。先端部の幅は記録トラック幅と等しくなっている。接続部の幅は、先端部の幅よりも大きくなっている。

【0032】

トラック幅規定層 12a を形成する際には、同時に、コンタクトホール 9a の上に磁性

50

材料よりなる連結部分層 12 b を形成すると共に、接続部 10 a の上に磁性材料よりなる接続層 13 を形成する。連結部分層 12 b は、上部磁極層 12 のうち、上部シールド層 8 に磁氣的に連結される部分を構成する。

【0033】

次に、磁極トリミングを行う。すなわち、トラック幅規定層 12 a の周辺領域において、トラック幅規定層 12 a をマスクとして、記録ギャップ層 9 および上部シールド層 8 の磁極部分における記録ギャップ層 9 側の少なくとも一部をエッチングする。これにより、図 4 に示したように、上部磁極層 12 の磁極部分、記録ギャップ層 9 および上部シールド層 8 の磁極部分の少なくとも一部の各幅が揃えられたトリム (Trim) 構造が形成される。このトリム構造によれば、記録ギャップ層 9 の近傍における磁束の広がりによる実効的なトラック幅の増加を防止することができる。

【0034】

次に、全体に、アルミナ等の無機絶縁材料よりなる絶縁層 14 を、例えば 3 ~ 4 μm の厚さに形成する。次に、この絶縁層 14 を、例えば化学機械研磨によって、トラック幅規定層 12 a、連結部分層 12 b および接続層 13 の表面に至るまで研磨して平坦化する。

【0035】

次に、平坦化された絶縁層 14 の上に、例えば銅 (Cu) よりなる薄膜コイルの第 2 層部分 15 を、例えば 2 ~ 3 μm の厚さに形成する。なお、図 3 において、符号 15 a は、第 2 層部分 15 のうち、接続層 13 を介して薄膜コイルの第 1 層部分 10 の接続部 10 a に接続される接続部を表している。第 2 層部分 15 は、連結部分層 12 b の周囲に巻回される。

【0036】

次に、薄膜コイルの第 2 層部分 15 およびその周辺の絶縁層 14 を覆うように、フォトレジスト等の、加熱時に流動性を有する有機絶縁材料よりなる絶縁層 16 を所定のパターンに形成する。次に、絶縁層 16 の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。この熱処理により、絶縁層 16 の外周および内周の各端縁部分は、丸みを帯びた斜面形状となる。

【0037】

次に、トラック幅規定層 12 a、絶縁層 14、16 および連結部分層 12 b の上に、パーマロイ等の記録ヘッド用の磁性材料によって、上部磁極層 12 のヨーク部分を構成するヨーク部分層 12 c を形成する。ヨーク部分層 12 c のエアベアリング面 20 側の端部は、エアベアリング面 20 から離れた位置に配置されている。また、ヨーク部分層 12 c は、連結部分層 12 b を介して上部シールド層 8 に接続されている。

【0038】

次に、全体を覆うように、例えばアルミナよりなるオーバーコート層 17 を形成する。最後に、上記各層を含むスライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面 20 を形成して、薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0039】

このようにして製造される薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面としてのエアベアリング面 20 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、エアベアリング面 20 の近傍に配置された MR 素子 5 と、エアベアリング面 20 側の一部が MR 素子 5 を挟んで対向するように配置された、MR 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 8 とを有している。

【0040】

記録ヘッドは、エアベアリング面 20 側において互いに対向する磁極部分を含むと共に、互いに磁氣的に連結された下部磁極層 (上部シールド層 8) および上部磁極層 12 と、この下部磁極層の磁極部分と上部磁極層 12 の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層 9 と、少なくとも一部が下部磁極層および上部磁極層 12 の間に、これらに対して絶縁された状態で配設された薄膜コイル 10、15 とを有している。この薄膜磁気ヘッドでは、図 3 に示したように、エアベアリング面 20 から、絶縁層 11 のエアベアリング面 20

側の端部までの長さが、スロートハイト TH となる。なお、スロートハイトとは、エアベアリング面 20 から、2つの磁極層の間隔が開き始める位置までの長さ（高さ）をいう。

【0041】

次に、図1および図2を参照して、本実施の形態における再生ヘッドの構成について詳しく説明する。図1は、再生ヘッドのエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。図2は、図1のA-A線断面図である。図1および図2では、トラック幅方向、すなわちエアベアリング面20に平行で且つMR素子5の面5a, 5bに平行な方向をX方向とし、エアベアリング面20に垂直な方向をY方向とし、X方向およびY方向に垂直な方向をZ方向としている。

【0042】

再生ヘッドは、所定の間隔を開けて配置された下部シールド層3および上部シールド層8と、この下部シールド層3と上部シールド層8との間に配置されたMR素子5と、下部シールド層3とMR素子5との間に配置された下部シールドギャップ膜4と、上部シールド層8とMR素子5との間に配置された上部シールドギャップ膜7とを備えている。なお、MR素子5が配置された領域およびその周辺の一部の領域を除いて、上部シールドギャップ膜7と上部シールド層8との間には、アルミナ等の絶縁材料よりなる絶縁層19が形成されている。

【0043】

MR素子5は、互いに反対側を向き且つエアベアリング面20と交差するように配置された第1の面（下面）5aおよび第2の面（上面）5bと、エアベアリング面20に配置された端部5cと、端部5cとは反対側の端部5dと、2つの側部5e, 5fとを有している。下部シールドギャップ膜4はMR素子5の第1の面5aに隣接するように配置され、上部シールドギャップ膜7はMR素子5の第2の面5bに隣接するように配置されている。下部シールドギャップ膜4と上部シールドギャップ膜7は、本発明における絶縁膜に対応する。

【0044】

端部5dは、端部5c, 5d間の距離がMR素子5の上側ほど小さくなるように傾斜している。また、側部5e, 5fも、側部5e, 5f間の距離がMR素子5の上側ほど小さくなるように傾斜している。

【0045】

再生ヘッドは、更に、MR素子5の各側部5e, 5fに隣接するように配置され、MR素子5に対してバイアス磁界を印加する2つのバイアス磁界印加層18と、それぞれ各バイアス磁界印加層18の上面に隣接するように配置され、MR素子5に対して信号検出用の電流であるセンス電流を流す2つの電極層6とを備えている。図1では、電極層6はバイアス磁界印加層18の上に配置されているが、バイアス磁界印加層18のない領域では、電極層6は下部シールドギャップ膜4の上に配置されている。バイアス磁界印加層18および電極層6は、下部シールドギャップ膜4と上部シールドギャップ膜7との間に配置されている。

【0046】

バイアス磁界印加層18は、硬磁性層（ハードマグネット）や、強磁性層と反強磁性層との積層体等を用いて構成される。電極層6は、例えば、Ta層とAu層との積層体、TiW層とTa層の積層体、あるいはTiN層とTa層の積層体等によって構成される。

【0047】

バイアス磁界印加層18は、バイアス磁界印加層18の磁化がトラック幅方向に向くように着磁され、MR素子5に対してトラック幅方向のバイアス磁界を印加する。

【0048】

MR素子5は、互いに反対側を向く2つの面を有する非磁性導電層52と、この非磁性導電層52における一方の面に隣接するように配置され、外部磁界に応じて磁化の方向が変化するフリー層53と、非磁性導電層52の他方の面に隣接するように配置され、エアベアリング面20に垂直な方向に磁化の方向が固定された固定層51とを含んでいる。し

10

20

30

40

50

かし、MR素子5は、固定層51の磁化の方向を固定するための、反強磁性層のような他の層を含んでいない。固定層51は、反強磁性層のような他の層の作用によらずに磁化の方向が固定されている。なお、図1は、フリー層53が非磁性導電層52の上に配置され、固定層51が非磁性導電層52の下に配置された例を示している。しかし、フリー層53が非磁性導電層52の下に配置され、固定層51が非磁性導電層52の上に配置されていてもよい。

【0049】

MR素子5は、各層51, 52, 53となる膜を順に形成した後、これらの積層体をパターンニングすることによって形成される。積層体のパターンニングは、例えば、積層体の上に、フォトリソグラフィによってマスクを形成し、このマスクを用いて、イオンミリング等のドライエッチングによって、積層体を選択的にエッチングすることによって行なわれる。このエッチングによって、傾斜した端部5dおよび側部5e, 5fが形成される。

【0050】

非磁性導電層52は、Cu、Au、Ag等の非磁性の導電性材料によって構成されている。フリー層53は、1つ以上の軟磁性層を含んでいる。

【0051】

固定層51は、例えば、2つの強磁性層と、これらの間に配置された薄い結合層とを有している。この場合、2つの強磁性層は、反強磁性的に、すなわち、それぞれの磁化の方向が反平行になるように結合する。結合層は、Ru、Rh、Ir、Re、Cr、Zr等の非磁性材料によって構成されている。固定層51は、このような3層構造のものに限らず、保磁力の大きな1つの強磁性層によって構成されていてもよい。本実施の形態において、固定層51に含まれる強磁性層は、磁歪定数が正の値の強磁性材料によって構成されている。この強磁性材料は、金属でもよいし合金でもよい。磁歪定数が正の値の強磁性材料としては、例えば、FeCo (Fe: 70重量%, Co: 30重量%) や、SmCoがある。

【0052】

固定層51は、着磁されることによって誘導磁気異方性が与えられており、その磁化の方向がエアベアリング面20に垂直な方向に固定されている。

【0053】

また、本実施の形態において、下部シールドギャップ膜4と上部シールドギャップ膜7は、いずれも、600MPa以上の圧縮応力を有している。ただし、膜4, 7の圧縮応力が大き過ぎると、それらに接する層に対する密着性が低下するため、膜4, 7の圧縮応力は、4000MPa以下であることが好ましい。

【0054】

下部シールドギャップ膜4および上部シールドギャップ膜7の材料は、SiO₂、SiC、SiN、AlN、TiO、BNのいずれかを含んでいてもよい。また、下部シールドギャップ膜4および上部シールドギャップ膜7は、多層膜で構成されていてもよい。

【0055】

下部シールドギャップ膜4および上部シールドギャップ膜7は、例えばスパッタリング法によって形成される。スパッタリング法によって形成される絶縁膜には、圧縮応力が残留する場合が多い。しかし、この圧縮応力の大きさは、絶縁膜の材料および成膜条件によって異なる。そのため、600MPa以上の圧縮応力を有する膜4, 7を形成するためには、膜4, 7の材料の選定と共に、膜4, 7の成膜条件の選定が必要である。膜4, 7の材料は、SiO₂、SiC、SiN、AlN、TiO、BNのいずれかを含んでいてもよい。これらの材料を用いることにより、成膜条件にも依るが、600MPa以上の圧縮応力を有する膜4, 7を形成することが可能となる。スパッタリング法によって膜4, 7を形成する場合には、使用する複数のガスの流量比、ガスの圧力、ターゲットに供給される電力、基板に供給される電力等の成膜条件が、膜4, 7の残留応力に影響を与える。従って、膜4, 7の圧縮応力が600MPa以上となるように、これらの成膜条件の1つ以上を制御する必要がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

次に、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの作用について説明する。薄膜磁気ヘッドは、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。

【 0 0 5 7 】

再生ヘッドにおいて、フリー層 5 3 に外部磁界が印加されない状態では、フリー層 5 3 の磁化は、バイアス磁界印加層 1 8 からのバイアス磁界によって、トラック幅方向 X に向けられている。一方、固定層 5 1 の磁化の方向は、エアベアリング面 2 0 に垂直な方向 Y に固定されている。従って、フリー層 5 3 に記録媒体からの信号磁界が印加されない状態では、固定層 5 1 の磁化の方向とフリー層 5 3 の磁化の方向とがなす角度は 90° に保たれる。この再生ヘッドに、記録媒体から、エアベアリング面 2 0 に垂直な方向の信号磁界が印加されると、フリー層 5 3 の磁化の方向が変化し、その結果、固定層 5 1 の磁化の方向とフリー層 5 3 の磁化の方向とがなす角度が変化する。この角度によって MR 素子 5 の電気抵抗が変化する。従って、この MR 素子 5 の電気抵抗の変化を検出することにより、記録媒体に記録された情報を再生することができる。MR 素子 5 の電気抵抗は、MR 素子 5 にセンス電流を流したときの 2 つの電極層 6 間の電位差より求めることができる。

10

【 0 0 5 8 】

本実施の形態において、固定層 5 1 は、磁歪定数が正の値の強磁性材料よりなる層を含んでいる。また、MR 素子 5 の第 1 の面 5 a に隣接する下部シールドギャップ膜 4 および MR 素子 5 の第 2 の面 5 b に隣接する上部シールドギャップ膜 7 は、いずれも 600 MPa 以上の圧縮応力を有している。そのため、固定層 5 1 には大きな引っ張り応力が与えられる。これにより、磁歪定数が正の値の強磁性材料よりなる層を含む固定層 5 1 において、逆磁歪効果により、磁化をエアベアリング面 2 0 に垂直な方向に向ける磁気異方性が大きくなり、固定層 5 1 の磁化の方向が強固に固定される。このように、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドによれば、他の層の作用によらずに磁化の方向が固定された固定層 5 1 を含むスピナバルブ型の MR 素子 5 を用いながら、固定層 5 1 の磁化の方向を強固に固定することができる。

20

【 0 0 5 9 】

次に、本実施の形態の効果を確認するために行なった実験の結果について説明する。この実験では、第 1 および第 2 の実施例の再生ヘッドと比較例の再生ヘッドとを作製した。いずれの再生ヘッドも、図 1 および図 2 に示した構造を有している。

30

【 0 0 6 0 】

第 1 の実施例の再生ヘッドでは、下部シールドギャップ膜 4 および上部シールドギャップ膜 7 を、材料として SiO_2 を用いて、以下の方法によって形成した。成膜方法は、電子サイクロトロン共鳴 (Electron Cyclotron Resonance; 以下、ECR と記す。) スパッタリング法を用いた。ターゲット材は、Si とした。ガスは、Ar と O_2 の混合ガスとした。ガスの流量は、Ar については 20 sccm、 O_2 については 5 sccm とした。混合ガスの圧力は 8×10^{-2} Pa とした。マイクロ波電力は 500 W とし、ターゲットに与えられる電力は 500 W とした。

【 0 0 6 1 】

第 2 の実施例の再生ヘッドでは、下部シールドギャップ膜 4 および上部シールドギャップ膜 7 を、材料として SiO_2 を用いて、以下の方法によって形成した。成膜方法は、ECR スパッタリング法を用いた。ターゲット材は、Si とした。ガスは、Ar と O_2 の混合ガスとした。ガスの流量は、Ar については 20 sccm、 O_2 については 10 sccm とした。混合ガスの圧力は 1.0×10^{-1} Pa とした。マイクロ波電力は 500 W とし、ターゲットに与えられる電力は 500 W とした。

40

【 0 0 6 2 】

比較例の再生ヘッドでは、下部シールドギャップ膜 4 および上部シールドギャップ膜 7 を、材料としてアルミナ (Al_2O_3) を用いて、以下の方法によって形成した。成膜方法は、ECR スパッタリング法を用いた。ターゲット材は、Al とした。ガスは、Ar と O

50

$_2$ の混合ガスとした。ガスの流量は、 Ar については 20 sccm 、 O_2 については 5 sccm とした。混合ガスの圧力は $8 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ とした。マイクロ波電力は 500 W とし、ターゲットに与えられる電力は 500 W とした。

【0063】

第1の実施例の再生ヘッドにおける膜4, 7の内部応力は、 600 MPa の圧縮応力であった。第2の実施例の再生ヘッドにおける膜4, 7の内部応力は、 900 MPa の圧縮2 応力であった。一方、比較例の再生ヘッドにおける膜4, 7の内部応力は、 300 MPa の圧縮応力であった。

【0064】

第1および第2の実施例の再生ヘッドと比較例の再生ヘッドは、それぞれ1枚のウェハを用いて、以下のように同時に多数作製した。すなわち、まず、ウェハ上に複数列に配列されるように再生ヘッドを形成した。ただし、この時点では、固定層51の着磁とバイアス磁界印加層18の着磁は行なわれていない。次に、ウェハを切断して、複数の再生ヘッドが一行に配列されたバー状のブロックを形成した。このブロックの1つの面には、複数の再生ヘッドのエアベアリング面20となる面が現れている。次に、このブロックにおける上記の面を研磨して、複数の再生ヘッドのエアベアリング面20を形成した。次に、このブロックの状態、固定層51に、エアベアリング面20に垂直な方向の 5 kOe ($5 \times 79.6 \text{ kA/m}$) の磁界を印加して、固定層51の着磁を行なった。この着磁により、固定層51の磁化はエアベアリング面20に垂直な方向に向けられた。次に、バイアス磁界印加層18に、トラック幅方向の 1.5 kOe ($1.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$) の磁界を印加して、バイアス磁界印加層18の着磁を行なった。この着磁により、バイアス磁界印加層18の磁化はトラック幅方向に向けられた。以上のようにして、第1の実施例の再生ヘッド、第2の実施例の再生ヘッドおよび比較例の再生ヘッドを、100個ずつ作製した。

【0065】

実験では、100個の第1の実施例の再生ヘッド、100個の第2の実施例の再生ヘッドおよび100個の比較例の再生ヘッドについて、以下のような測定を行なって、固定層51の磁化方向の固定の強さを調べた。この測定では、まず、ブロックに含まれる各再生ヘッドに対して、擬似静的試験 (Quasi static test) を行なって、再生ヘッドの出力を調べた。この試験は、再生ヘッドに対して、エアベアリング面20に垂直な方向に、 $-2000 \text{ Oe} \sim 2000 \text{ Oe}$ ($-2000 \times 79.6 \text{ A/m} \sim 2000 \times 79.6 \text{ A/m}$) の交番外部磁界を印加して行なった。次に、各再生ヘッドに対して、トラック幅方向に 1.7 kOe ($1.7 \times 79.6 \text{ kA/m}$) の外乱磁界を印加し、その後、外乱磁界の印加を解除してから、前述と同様の擬似静的試験を行なって、再生ヘッドの出力を調べた。以下、外乱磁界の大きさを 0.2 kOe ($0.2 \times 79.6 \text{ kA/m}$) ずつ大きくしながら、外乱磁界の大きさが 4.1 kOe ($4.1 \times 79.6 \text{ kA/m}$) に達するまで、同様の試験を繰り返して行なった。

【0066】

実験では、出力が所望の値に対して10%以上低下した再生ヘッドを不良とみなした。なお、実験では、所望の値を $1000 \mu\text{V}$ とした。図9は、1つの再生ヘッドにおける外乱磁界と出力との関係の一例を示している。図9において、横軸は外乱磁界を表し、縦軸は、所望の出力を100%としたときの再生ヘッドの出力(%)を表している。この例における再生ヘッドでは、作製後、最初の試験における出力は100%であった。この例では、外乱磁界を大きくしていき、外乱磁界が 2.9 kOe ($2.9 \times 79.6 \text{ kA/m}$) に達したときに、出力が所望の値に対して10%以上低下している。このとき、固定層51の磁化の方向は、エアベアリング面20に垂直な方向に対して傾いていると考えられる。実験では、このように、外乱磁界を大きくしていき、初めて、出力が所望の値に対して10%以上低下したときの外乱磁界を、不良発生磁界 H_{NG} と定義した。

【0067】

図10は、100個の第1の実施例の再生ヘッド、100個の第2の実施例の再生ヘッ

ドおよび100個の比較例の再生ヘッドについて、不良発生磁界 H_{NG} の分布を調べた結果を示している。図10において、横軸は不良発生磁界 H_{NG} を表し、縦軸は再生ヘッドの個数を表している。なお、図10に示した結果によると、不良発生磁界 H_{NG} が 1.5 kOe ($1.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$)である再生ヘッドも存在している。この再生ヘッドは、作製後、最初の試験で10%以上の出力低下が認められた再生ヘッドである。

【0068】

図10に示した結果より、以下のことが分かる。まず、100個の比較例の再生ヘッドにおいては、不良発生磁界 H_{NG} が 2.3 kOe ($2.3 \times 79.6 \text{ kA/m}$)となる再生ヘッドが最も多く、17個存在している。また、比較例の再生ヘッドにおいては、不良発生磁界 H_{NG} が 1.5 kOe ($1.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$) ~ 3.1 kOe ($3.1 \times 79.6 \text{ kA/m}$)の範囲内となる再生ヘッドが84個存在している。このことから、比較例の再生ヘッドでは、不良発生磁界 H_{NG} のばらつきが大きいことが分かる。更に、比較例の再生ヘッドでは、不良発生磁界 H_{NG} が 1.5 kOe ($1.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$)となる再生ヘッドが7個存在している。この7個の再生ヘッドは、バイアス磁界印加層18の着磁によって、固定層51の磁化の方向がエアベアリング面20に垂直な方向に対して傾いて、不良となったものである。

【0069】

一方、100個の第1の実施例の再生ヘッドにおいては、不良発生磁界 H_{NG} が 2.5 kOe ($2.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$)となる再生ヘッドが最も多く、26個存在している。また、第1の実施例の再生ヘッドにおいては、不良発生磁界 H_{NG} が 2.1 kOe ($2.1 \times 79.6 \text{ kA/m}$) ~ 2.9 kOe ($2.9 \times 79.6 \text{ kA/m}$)の範囲内となる再生ヘッドが82個存在している。このことから、第1の実施例の再生ヘッドでは、比較例の再生ヘッドに比べて、不良発生磁界 H_{NG} のばらつきが小さく、且つ不良発生磁界 H_{NG} の分布が不良発生磁界 H_{NG} の大きい方へ移動していることが分かる。更に、第1の実施例の再生ヘッドでは、不良発生磁界 H_{NG} が 1.5 kOe ($1.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$)となる再生ヘッドは1個しか存在していない。

【0070】

また、100個の第2の実施例の再生ヘッドにおいては、不良発生磁界 H_{NG} が 2.7 kOe ($2.7 \times 79.6 \text{ kA/m}$)となる再生ヘッドが最も多く、28個存在している。また、第2の実施例の再生ヘッドにおいては、不良発生磁界 H_{NG} が 2.3 kOe ($2.3 \times 79.6 \text{ kA/m}$) ~ 3.1 kOe ($3.1 \times 79.6 \text{ kA/m}$)の範囲内となる再生ヘッドが83個存在している。このことから、第2の実施例の再生ヘッドでは、比較例の再生ヘッドに比べて、不良発生磁界 H_{NG} のばらつきが小さく、且つ不良発生磁界 H_{NG} の分布が不良発生磁界 H_{NG} の大きい方へ移動していることが分かる。更に、第2の実施例の再生ヘッドでは、不良発生磁界 H_{NG} が 1.5 kOe ($1.5 \times 79.6 \text{ kA/m}$)となる再生ヘッドは存在していない。

【0071】

これらのことから、第1および第2の実施例の再生ヘッドは比較例の再生ヘッドに比べて、固定層51の磁化の方向が強固に固定されていることが分かる。また、このことから、膜4, 7における圧縮応力を大きくすることにより、固定層51の磁化の方向を強固に固定できることが分かる。

【0072】

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5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3における基板1およびオーバーコート層17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、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5におけるZ方向に回転すると、ハードディスクとス

10

20

30

40

50

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 5 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 5 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 5 における左下の端部）の近傍には、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッド 100 が形成されている。

【0073】

次に、図 6 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。

10

【0074】

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 を取り付けられ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 を取り付けられたものはヘッドスタックアセンブリと呼ばれる。

20

【0075】

図 6 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。

【0076】

次に、図 7 および図 8 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 7 はハードディスク装置の要部を示す説明図、図 8 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。

30

40

【0077】

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。

【0078】

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 に含まれる薄膜磁気ヘッドは、記録

50

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。

【0079】

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薄膜磁気ヘッドと同様の効果を奏する。

【0080】

[第 2 の実施の形態]

次に、図 11 および図 12 を参照して、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。図 11 は、本実施の形態における再生ヘッドのエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。図 12 は、図 11 の B - B 線断面図である。

10

【0081】

本実施の形態では、MR 素子 5 の構成が、第 1 の実施の形態とは異なり、いわゆるデュアルスピンバルブ型の GMR 素子の構成となっている。本実施の形態では、MR 素子 5 は、フリー層 57 と、第 1 の非磁性導電層 56、第 2 の非磁性導電層 58 と、第 1 の固定層 55 および第 2 の固定層 59 とを含んでいる。しかし、第 1 の実施の形態と同様に、MR 素子 5 は、固定層 55、59 の磁化の方向を固定するための、反強磁性層のような他の層を含んでいない。固定層 55、59 は、反強磁性層のような他の層の作用によらずに磁化の方向が固定されている。

【0082】

フリー層 57 は、互いに反対側を向く 2 つの面を有している。第 1 の非磁性導電層 56 は、互いに反対側を向く 2 つの面を有し、一方の面（上面）がフリー層 57 における一方の面（下面）に隣接するように配置されている。第 2 の非磁性導電層 58 は、互いに反対側を向く 2 つの面を有し、一方の面（下面）がフリー層 57 における他方の面（上面）に隣接するように配置されている。第 1 の固定層 55 は、第 1 の非磁性導電層 56 の他方の面（下面）に隣接するように配置されている。第 2 の固定層 59 は、第 2 の非磁性導電層 58 の他方の面（上面）に隣接するように配置されている。

20

【0083】

フリー層 57、非磁性導電層 56、58、固定層 55、59 の材料や機能は、それぞれ、第 1 の実施の形態におけるフリー層 53、非磁性導電層 52、固定層 51 と同様である。また、MR 素子 5 の作用も第 1 の実施の形態と同様である。本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態に比べて、MR 素子 5 の抵抗変化率を大きくすることが可能である。

30

【0084】

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。

【0085】

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、実施の形態では、下部シールドギャップ膜 4 と上部シールドギャップ膜 7 の両方が 600 MPa 以上の圧縮応力を有するようにしたが、膜 4、7 のいずれか一方のみが 600 MPa 以上の圧縮応力を有するようにしてもよい。この場合にも、固定層に大きな引っ張り応力を与えることができ、これにより、固定層の磁化の方向を強固に固定することができる。

40

【0086】

また、MR 素子 5 は、デュアルスピンバルブ型の GMR 素子であって、2 つの固定層のうちの一方は、反強磁性層のような他の層の作用によらずに磁化の方向が固定され、2 つの固定層のうちの他方は、反強磁性層のような他の層の作用によって磁化の方向が固定されたものであってもよい。

【0087】

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薄膜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。

【0088】

50

また、読み取り専用として用いる場合には、薄膜磁気ヘッドを、再生ヘッドだけを備えた構成としてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】本発明の第1の実施の形態における再生ヘッドのエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【図2】図1のA - A線断面図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドのエアベアリング面および基板に垂直な断面を示す断面図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

10

【図5】本発明の第1の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6】本発明の第1の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。

【図7】本発明の第1の実施の形態に係るハードディスク装置の要部を説明するための説明図である。

【図8】本発明の第1の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9】本発明の第1の実施の形態の効果を確認するために行なった実験の結果を示す説明図である。

20

【図10】本発明の第1の実施の形態の効果を確認するために行なった実験の結果を示す説明図である。

【図11】本発明の第2の実施の形態における再生ヘッドのエアベアリング面に平行な断面を示す断面図である。

【図12】図11のB - B線断面図である。

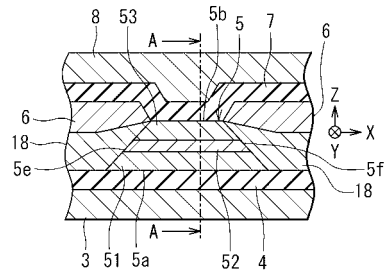
【符号の説明】

【0090】

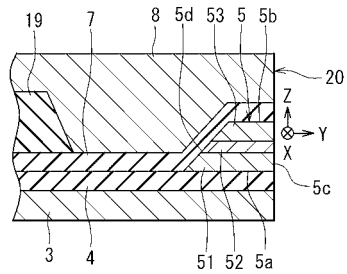
1 ... 基板、2 ... 絶縁層、3 ... 下部シールド層、4 ... 下部シールドギャップ膜、5 ... MR素子、6 ... 電極層、7 ... 上部シールドギャップ膜、8 ... 上部シールド層、9 ... 記録ギャップ層、10 ... 薄膜コイルの第1層部分、12 ... 上部磁極層、15 ... 薄膜コイルの第2層部分、17 ... オーバーコート層、18 ... バイアス磁界印加層、20 ... エアベアリング面、51 ... 固定層、52 ... 非磁性導電層、53 ... フリー層。

30

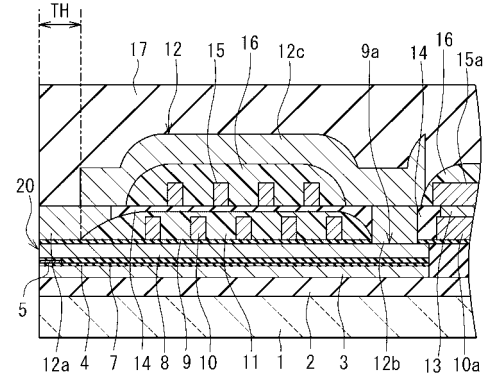
【図 1】



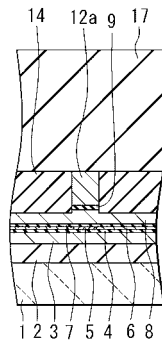
【図 2】



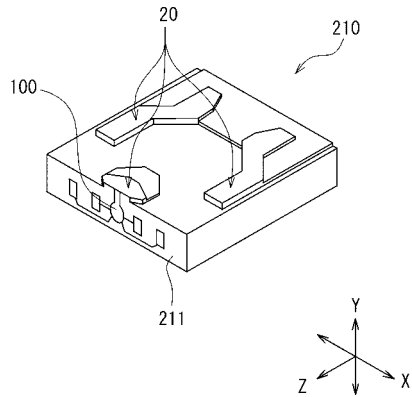
【図 3】



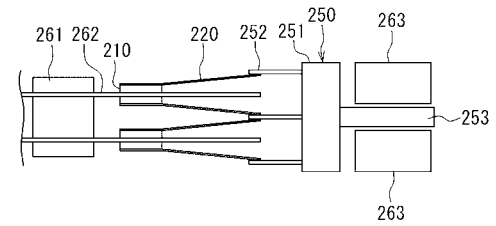
【図 4】



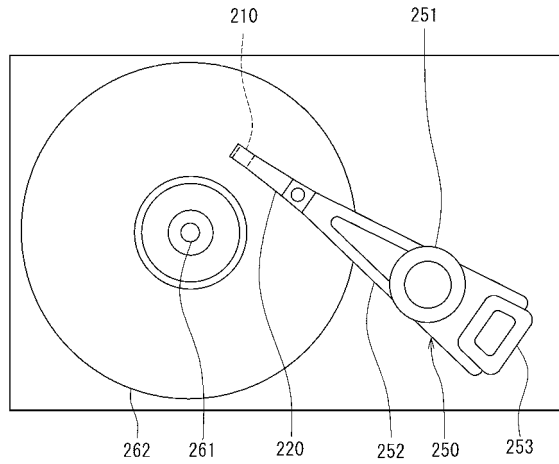
【図 5】



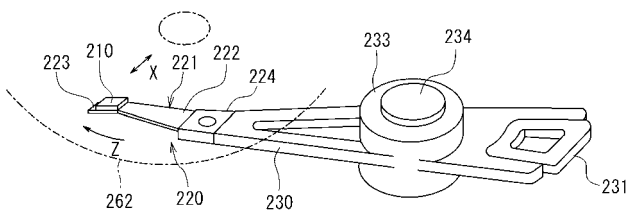
【図 7】



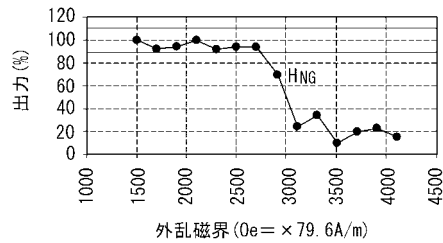
【図 8】



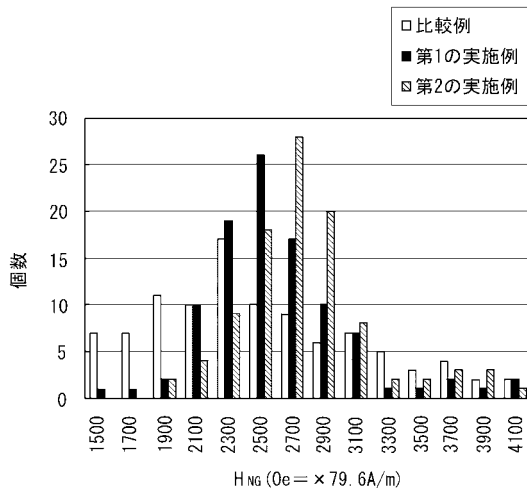
【図 6】



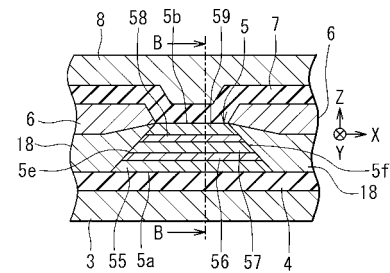
【図 9】



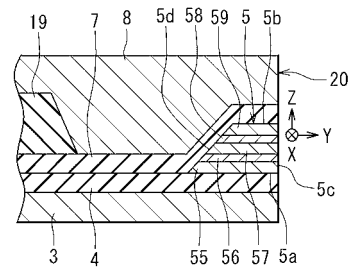
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【手続補正書】

【提出日】平成17年6月22日(2005.6.22)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 6】

バイアス磁界印加層 18 は、硬磁性層（ハードマグネット）や、強磁性層と反強磁性層との積層体等を用いて構成される。電極層 6 は、例えば、Ta 層と Au 層との積層体、TiW 層と Ta 層の積層体、あるいは TiN 層と Ta 層の積層体等によって構成される。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 3】

第 1 の実施例の再生ヘッドにおける膜 4, 7 の内部応力は、600 MPa の圧縮応力であった。第 2 の実施例の再生ヘッドにおける膜 4, 7 の内部応力は、900 MPa の圧縮応力であった。一方、比較例の再生ヘッドにおける膜 4, 7 の内部応力は、300 MPa の圧縮応力であった。