

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4735872号
(P4735872)

(45) 発行日 平成23年7月27日(2011.7.27)

(24) 登録日 平成23年5月13日(2011.5.13)

(51) Int.Cl. F I
G 1 1 B 5/39 (2006.01) G 1 1 B 5/39

請求項の数 11 (全 19 頁)

| | | | |
|--------------|-----------------------------|-----------|------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2009-15659 (P2009-15659) | (73) 特許権者 | 000003067 |
| (22) 出願日 | 平成21年1月27日(2009.1.27) | | T D K株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2010-33689 (P2010-33689A) | | 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 |
| (43) 公開日 | 平成22年2月12日(2010.2.12) | (74) 代理人 | 100123788 |
| 審査請求日 | 平成21年1月27日(2009.1.27) | | 弁理士 宮崎 昭夫 |
| (31) 優先権主張番号 | 12/219,841 | (74) 代理人 | 100106138 |
| (32) 優先日 | 平成20年7月29日(2008.7.29) | | 弁理士 石橋 政幸 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | (74) 代理人 | 100127454 |
| 前置審査 | | | 弁理士 緒方 雅昭 |
| | | (72) 発明者 | 長 勤 |
| | | | 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 | 土屋 芳弘 |
| | | | 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T D K株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外部磁界に応じて磁化方向が変化する第1のMR磁性層と、非磁性中間層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第2のMR磁性層とを有し、該第1のMR磁性層と、該非磁性中間層と、該第2のMR磁性層とがこの順で互いに接して設けられたMR積層体と、

各々が前記第1のMR磁性層と前記第2のMR磁性層とに面して前記MR積層体の膜面直交方向に前記MR積層体を挟んで設けられ、センス電流を前記MR積層体の前記膜面直交方向に流す電極を兼ねる第1及び第2のシールド層と、

前記MR積層体の記録媒体対向面の反対面に設けられ、前記MR積層体に該記録媒体対向面と直交する向きのバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加層と、

を有し、

前記第1のシールド層は、

前記第1のMR磁性層に面して設けられ、前記MR積層体のシールドとして機能するとともに、前記第1のMR磁性層に前記記録媒体対向面と平行な向きの交換結合磁界を印加する第1の交換結合磁界印加層と、

前記第1のMR磁性層から見て前記第1の交換結合磁界印加層の裏面に該第1の交換結合磁界印加層に接して設けられ、前記MR積層体のシールドとして機能するとともに、該第1の交換結合磁界印加層との間で反強磁性結合する第1の反強磁性層と、を有し、

前記第2のシールド層は、

前記第2のMR磁性層に面して設けられ、前記MR積層体のシールドとして機能すると

ともに、前記第2のMR磁性層に前記記録媒体対向面と平行で、かつ前記第1の交換結合磁界印加層が前記第1のMR磁性層に及ぼす交換結合磁界と反平行な向きの交換結合磁界を印加する第2の交換結合磁界印加層と、

前記第2のMR磁性層から見て前記第2の交換結合磁界印加層の裏面に該第2の交換結合磁界印加層に接して設けられ、前記MR積層体のシールドとして機能するとともに、該第2の交換結合磁界印加層との間で反強磁性結合する第2の反強磁性層と、を有している、薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】

前記第1及び第2の反強磁性層は各々、Fe-Mn, Ni-Mn, Ir-Mn, Pt-Mn, Pd-Pt-Mn合金の少なくとも1つを含んでいる、請求項1に記載の薄膜磁気ヘッド。

10

【請求項3】

前記第1及び第2の交換結合磁界印加層は各々、前記第1及び第2の反強磁性層に接して設けられたCoFe合金層を含んでいる、請求項2に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】

前記第1または第2の交換結合磁界印加層の一方のみが、非磁性導電層を挟んで互いに反強磁性結合する強磁性層を含んでいる、請求項2に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】

前記第1及び第2の交換結合磁界印加層膜厚は各々、5～80nmの範囲にある、請求項1から4のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】

20

前記MR積層体は、前記第1のMR磁性層と前記第1の交換結合磁界印加層との間、または前記第2のMR磁性層と前記第2の交換結合磁界印加層との間の少なくとも一方に、少なくとも1層のルテニウム(Ru)層を含む磁性層からなる第1の磁氣的連結層を有している、請求項1から5のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】

前記MR積層体は、前記第1のMR磁性層と前記第1の交換結合磁界印加層との間、及び前記第2のMR磁性層と前記第2の交換結合磁界印加層との間の少なくとも一方に、ルテニウム(Ru)層からなる第1の磁氣的連結層を有している、請求項1から5のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】

30

請求項1から7のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドを備えたスライダ。

【請求項9】

請求項1から7のいずれか1項に記載の薄膜磁気ヘッドとなるべき積層体が形成されたウエハ。

【請求項10】

請求項8に記載のスライダと、前記スライダを弾性的に支持するサスペンションと、を有するヘッドジンバルアセンブリ。

【請求項11】

請求項8に記載のスライダと、該スライダを支持するとともに、該スライダを記録媒体に対して位置決めする装置と、を有するハードディスク装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は薄膜磁気ヘッドに関し、特に外部磁界に対して磁化方向が変化する一対の磁性層を備えた薄膜磁気ヘッドの素子構造に関する。

【背景技術】

【0002】

ハードディスクドライブ(HDD)の高記録密度化に伴い、高感度、高出力のヘッドが要求されている。この要求を満たすヘッドとしてスピナルヘッドが考案されている。スピナルヘッドには、非磁性中間層を介した一対の強磁性層が設けられている。反強

50

磁性層が一方の強磁性層に接して配置されており、反強磁性層との交換結合によって、強磁性層の磁化方向は一方向に固着される。もう一方の強磁性層は、外部磁界に対して磁化方向が自由に回転する。このような強磁性層は自由層とも呼ばれる。スピバルブヘッドにおいては、この2つの強磁性層におけるスピンの相対角度の変化によって、磁気抵抗変化が実現される。上記一对の強磁性層は一对のシールド層に挟まれており、記録媒体の同一トラック上の隣接するビットからの外部磁界が遮断される。

【0003】

反強磁性層と強磁性層との交換結合はスピバルブヘッドにおける本質的特徴の一つである。しかしながら、更なる高記録密度化が進み、リードギャップ（磁気ヘッドで媒体信号を読み取った時の信号の媒体進行方向の幅。シールド間に挟まれた膜の膜厚と相関がある。）が20nm程度になると、反強磁性層をリードギャップ内に含める余裕がなくなる。そこで、何らかの方法で、強磁性層の磁化方向を制御し、2つの強磁性層の磁化方向がなす相対角度を外部磁界に応じて変化させる技術が必要となる。米国特許第7,035,062号明細書には、外部磁界に応じて磁化方向が変化する2つの自由層と、これらの自由層の間に挟まれた非磁性中間層と、を有する薄膜磁気ヘッドが開示されている。2つの自由層は非磁性中間層を介してRKKY(Rudermann, Kittel, Kasuya, Yoshida)相互作用による交換結合をしており、磁界が全く印加されない状態（以下、この状態を無磁界状態と呼ぶ。）では、互いに反平行の向きに磁化されている。記録媒体対向面から見て2つの自由層及び非磁性中間層の裏面にはバイアス磁性層が設けられており、記録媒体対向面と直交する方向にバイアス磁界が印加される。バイアス磁性層からの磁界によって、2つの自由層の磁化方向は一定の相対角度をなす。この状態で、記録媒体対向面と直交する向きの外部磁界が記録媒体から与えられると、2つの自由層の磁化方向が変化し、この結果2つの自由層の磁化方向がなす相対角度が変化し、センス電流の電気抵抗が変化する。この性質を利用して外部磁界を検出することが可能となる。このように2つの自由層を用いた膜構成では、反強磁性層が不要となるため、膜構成が簡略され、リードギャップの低減が容易になるポテンシャルがある。なお、本明細書では、「平行」は磁化方向が互いに平行であり、かつ同じ方向を向いていることを、「反平行」は磁化方向が互いに平行であるが、逆方向を向いていることを意味する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許第7,035,062号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、2つの自由層をRKKY相互作用によって磁氣的に連結する方式の薄膜磁気ヘッドでは、非磁性中間層として利用できる材料が限定され、磁気抵抗変化率の向上も期待できない。そこで、2つの自由層を互いに反平行の向きに磁化する他の技術が必要となる。

【0006】

本発明は、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第1のMR磁性層（自由層）と、非磁性中間層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第2のMR磁性層（自由層）と、がこの順で互いに接して設けられたMR積層体と、MR積層体の記録媒体対向面の反対面に設けられ、MR積層体に記録媒体対向面と直交する向きのバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加層と、を有する薄膜磁気ヘッドを対象とする。本発明の目的は、無磁界状態における2つのMR磁性層の磁化方向をこれらMR磁性層間の磁氣的相互作用に依ることなく互いに反平行の向きに制御することによって高い磁化抵抗変化率を得ることができ、しかもリードギャップの低減が容易な薄膜磁気ヘッドを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドは、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第1のMR磁性層と、非磁性中間層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第2のMR磁性層とを有し、第1のMR磁性層と、非磁性中間層と、第2のMR磁性層とがこの順で互いに接して設けられたMR積層体と、各々が第1のMR磁性層と第2のMR磁性層とに面してMR積層体の膜面直交方向にMR積層体を挟んで設けられ、センス電流をMR積層体の膜面直交方向に流す電極を兼ねる第1及び第2のシールド層と、MR積層体の記録媒体対向面の反対面に設けられ、MR積層体に記録媒体対向面と直交する向きのバイアス磁界を印加するバイアス磁界印加層と、を有している。第1のシールド層は、第1のMR磁性層に面して設けられ、MR積層体のシールドとして機能するとともに、第1のMR磁性層に記録媒体対向面と平行な向きの交換結合磁界を印加する第1の交換結合磁界印加層と、第1のMR磁性層から見て第1の交換結合磁界印加層の裏面に第1の交換結合磁界印加層に接して設けられ、MR積層体のシールドとして機能するとともに、第1の磁化制御層との間で反強磁性結合する第1の反強磁性層と、を有している。第2のシールド層は、第2のMR磁性層に面して設けられ、MR積層体のシールドとして機能するとともに、第2のMR磁性層に記録媒体対向面と平行でかつ第1の交換結合磁界印加層が第1のMR磁性層に及ぼす交換結合磁界と反平行な向きの交換結合磁界を印加する第2の交換結合磁界印加層と、第2のMR磁性層から見て第2の交換結合磁界印加層の裏面に第2の交換結合磁界印加層に接して設けられ、MR積層体のシールドとして機能するとともに、第2の磁化制御層との間で反強磁性結合する第2の反強磁性層と、を有している。

10

【0008】

20

このように構成された薄膜磁気ヘッドでは、各々が第1及び第2の反強磁性層との反強磁性結合によって磁化方向が強固に固定された第1及び第2の交換結合磁界印加層からの磁界が第1及び第2のMR磁性層に印加される。第1の交換結合磁界印加層からの磁界と第2の交換結合磁界印加層からの磁界は反平行であるため、無磁化状態では第1及び第2のMR磁性層は互いに反平行の向きに磁化される。しかし、実際には、バイアス磁界印加層から、記録媒体対向面と直交する向きのバイアス磁界を受けるため、第1及び第2のMR磁性層は、反平行と平行の中間の状態に磁化される。これを初期磁化状態として記録媒体からの外部磁界が印加されると、第1及び第2のMR磁性層の磁化方向のなす相対角度が外部磁界の大きさ及び向きに応じて変化するため、磁気抵抗効果を利用した外部磁界の検出が可能となる。

30

【0009】

しかも、第1及び第2の反強磁性層並びに第1及び第2の交換結合磁界印加層はシールド層としての機能も有しているため、リードギャップの低減にも寄与する。本発明は、従来MR磁性層と磁氣的に結合していなかったシールド層が、MR磁性層と磁氣的に結合していることが大きな特徴となっている。

【発明の効果】

【0010】

このようにして、高い磁化抵抗変化率を得ることが可能で、しかもリードギャップの低減が容易な薄膜磁気ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0011】

【図1】本発明の一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの側方断面図である。

【図2A】図1の2A-2A方向から見た薄膜磁気ヘッドの読込部の側面図である。

【図2B】図1と同じ方向から見た薄膜磁気ヘッドの読込部の断面図である。

【図3A】図1に示す薄膜磁気ヘッドの作動原理を示す概念図である。

【図3B】図1に示す薄膜磁気ヘッドの作動原理を示す概念図である。

【図3C】図1に示す薄膜磁気ヘッドの作動原理を示す概念図である。

【図3D】図1に示す薄膜磁気ヘッドの作動原理を示す概念図である。

【図4】第1及び第2のMR磁性層に印加される磁界強度と信号出力との関係を示す模式図である。

50

- 【図5】本発明の変形例の薄膜磁気ヘッドの構成と作動原理を示す概念図である。
 【図6A】交換結合磁界印加層の膜厚と交換磁界との関係を示すグラフである。
 【図6B】交換結合磁界印加層の膜厚とMR変化率との関係を示すグラフである。
 【図6C】交換結合磁界印加層の膜厚とMR変化率のばらつきとの関係を示すグラフである。
 【図7】本発明の薄膜磁気ヘッドの製造に係るウエハの平面図である。
 【図8】本発明のスライダの斜視図である。
 【図9】本発明のスライダが組込まれた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の斜視図である。
 【図10】本発明のスライダが組込まれたヘッドアームアセンブリの側方図である。
 【図11】本発明のスライダが組込まれたハードディスク装置の平面図である。
 【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の一実施形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図1は、本実施形態の薄膜磁気ヘッドの側方断面図である。図2Aは、図1の2A-2A方向、すなわち記録媒体対向面Sから見た薄膜磁気ヘッドの読込部の側面図、図2Bは、図1と同じ方向から見た薄膜磁気ヘッドの読込部の断面図である。記録媒体対向面Sとは、薄膜磁気ヘッド1の、記録媒体Mとの対向面である。

【0013】

薄膜磁気ヘッド1は、MR積層体2と、MR積層体2の膜面直交方向PにMR積層体2を挟んで設けられた第1及び第2のシールド層3, 4とを有している。表1には、MR積層体2と第1及び第2のシールド層3, 4の膜構成を示す。表は、第1のシールド層3から第2のシールド層4に向けて積層順に下から上に記載している。なお磁化方向は図3Aの磁化方向と対応している。

【0014】

【表1】

| 層構成 | | | 膜厚(nm) | 磁化方向 |
|-----------|----------------|----------|-----------|------|
| 第2のシールド層4 | 第2の主シールド層16 | NiFe層 | 1000~2000 | |
| | 第2の反強磁性層15 | IrMn層 | 6 | |
| | 第2の交換結合磁界印加層14 | CoFe層14b | 1.5 | |
| NiFe層14a | | 20 | → | |
| MR積層体2 | 第2の磁氣的連結層9 | Ru層9c | 0.8 | |
| | | CoFe層9b | 1 | ← |
| | | Ru層9a | 0.8 | |
| | 第2のMR磁性層8 | CoFe層 | 3 | → |
| | 非磁性中間層7 | ZnO層 | 2 | |
| | 第1のMR磁性層6 | CoFe層 | 3 | ← |
| | 第1の磁氣的連結層5 | Ru層5e | 0.8 | |
| | | CoFe層5d | 1 | → |
| | | Ru層5c | 0.8 | |
| | | CoFe層5b | 1 | ← |
| Ru層5a | | 0.8 | | |
| 第1のシールド層3 | 第1の交換結合磁界印加層13 | NiFe層13b | 20 | → |
| | | CoFe層13a | 1.5 | |
| | 第1の反強磁性層12 | IrMn層 | 6 | |
| | 第1の主シールド層11 | NiFe層 | 1000~2000 | |

【0015】

図2A及び表1を参照すると、MR積層体2は、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第1のMR磁性層6と、非磁性中間層7と、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第2のMR磁性層8と、を有し、第1のMR磁性層6と、非磁性中間層7と、第2のMR磁性層8とがこの順で互いに接している。また、第1のMR磁性層6に隣接して第1の磁氣的連結層5が、第2のMR磁性層8に隣接して第2の磁氣的連結層9が各々設けられている。

【0016】

第1のMR磁性層6及び第2のMR磁性層8はCoFe層からなり、非磁性中間層7はZnO

層からなる。第1のMR磁性層6及び第2のMR磁性層8は、NiFeやCoFeBで形成することもできる。第1のMR磁性層6はNiFe/CoFeの2層膜で、第2のMR磁性層8はCoFe/NiFeの2層膜から形成することもできる。ここで、本明細書ではA/B/C・・・等の表記は膜A、B、C・・・がこの順で積層されていることを示す。すなわち、第1のMR磁性層6及び第2のMR磁性層8を2層構成とする場合は、CoFe層がZnO層と接するようにするのが好ましい。非磁性中間層7は、MgO、Al₂O₃、AlN、TiO₂、NiO等で形成してもよい。非磁性中間層7として金属またはZnO等の半導体を用いた場合、薄膜磁気ヘッド1はC P P (Current Perpendicular to the Plane) - G M R (Giant Magneto-Resistance)素子として機能し、MgO等の絶縁体を用いた場合、薄膜磁気ヘッド1はT M R (Tunneling Magneto-Resistance)素子として機能する。

10

【0017】

第1の磁氣的連結層5は、第1のMR磁性層6と第1のシールド層3の第1の交換結合磁界印加層13との間に設けられており、以下に詳述するように、第1の交換結合磁界印加層13からの交換磁界を第1のMR磁性層6に伝達する機能を有している。第1の磁氣的連結層5は、本実施形態ではRu層/CoFe層/Ru層/CoFe層/Ru層の5層の積層構成となっている。

【0018】

同様に、第2の磁氣的連結層9は、第2のMR磁性層8と第2のシールド層4の第2の交換結合磁界印加層14との間に設けられており、以下に詳述するように、第2の交換結合磁界印加層14からの交換磁界を第2のMR磁性層8に伝達する機能を有している。第2の磁氣的連結層9は、本実施形態ではRu層/CoFe層/Ru層の3層の積層構成となっている。

20

【0019】

第1のシールド層3は、第2のシールド層4とともに、センス電流をMR積層体2の膜面直交方向Pに流す電極を兼ねている。第1のシールド層3は、第1のMR磁性層6に面する側に、第1の磁氣的連結層5を介して設けられている。第1のシールド層3は、第1の交換結合磁界印加層13と、第1のMR磁性層6から見て第1の交換結合磁界印加層13の裏面に第1の交換結合磁界印加層13に接して設けられた第1の反強磁性層12と、第1のMR磁性層6から見て第1の反強磁性層12の裏面に設けられた第1の主シールド層11、とを有している。第1の交換結合磁界印加層13は、第1の反強磁性層12に接して設けられたCoFe層13aと、CoFe層13a及び第1の磁氣的連結層5の双方に接して設けられたNiFe層13bの2層構成である。第1の交換結合磁界印加層13の膜厚は、後述するように5～80nmの範囲にあることが望ましい。第1の反強磁性層12はIrMnからなり、隣接するCoFe層13aとの間で強い反強磁性結合をしている。第1の反強磁性層12は他にも、Fe-Mn、Ni-Mn、Pt-Mn、Pd-Pt-Mn等の合金、またはIrMnを含めたこれらの組み合わせから形成することができる。第1の主シールド層11はNiFe層からなり、記録媒体Mの同一トラック上の隣接するビットからの外部磁界を遮断する。第1の主シールド層11の構成は従来から公知のシールド層と同等であり、一般的には1～2μmの膜厚を有している。第1の主シールド層11は第1の交換結合磁界印加層13及び第1の反強磁性層12よりも厚い。また、第1の主シールド層11は一般に多磁区構造をとるため、透磁率が高い。このため、第1の主シールド層11はシールドとして効果的に機能する。

30

40

【0020】

第2のシールド層4の構成も第1のシールド層3の構成と同様である。すなわち、第2のシールド層4は、第2のMR磁性層8に面する側に、第2の磁氣的連結層9を介して設けられている。第2のシールド層4は、第2の交換結合磁界印加層14と、第2のMR磁性層8から見て第2の交換結合磁界印加層14の裏面に第2の交換結合磁界印加層14に接して設けられた第2の反強磁性層15と、第2のMR磁性層8から見て第2の反強磁性層15の裏面に設けられた第2の主シールド層16、とを有している。第2の交換結合磁界印加層14は、第2の反強磁性層15に接して設けられたCoFe層14bと、CoFe層14b及び第2の磁氣的連結9の双方に接して設けられたNiFe層14aの2層構成である。第

50

2の交換結合磁界印加層14の膜厚は5~80nmの範囲にある。第2の反強磁性層15はIrMnからなり、隣接するCoFe層14bとの間で強く反強磁性結合している。第2の反強磁性層15は他にも、Fe-Mn, Ni-Mn, Pt-Mn, Pd-Pt-Mn等の合金から形成することができる。第2の主シールド層16はNiFe層からなり、記録媒体の同一トラック上の隣接するビットからの外部磁界を遮断する。第2の主シールド層16の構成は従来から公知のシールド層と同等であり、一般的には1~2μmの膜厚を有している。第2の主シールド層16は第2の交換結合磁界印加層14及び第2の反強磁性層15よりも厚い。また、第2の主シールド層16は一般に多磁区構造をとるため、透磁率が高い。このため、第2の主シールド層16はシールドとして効果的に機能する。

【0021】

第1及び第2のシールド層3, 4の第1及び第2の反強磁性層12, 15は、各々、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14のCoFe層13a, 14bと接している。これは、第1及び第2の反強磁性層12, 15との大きな交換結合強度を確保するためである。もし、第1及び第2の反強磁性層12, 15がNiFe層13b, 14aと接していると、交換結合強度が小さくなり、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14の磁化方向を第1及び第2の反強磁性層12, 15によって強固に固定することが困難となる。NiFe層13b, 14aは、シールド層の軟磁気特性を改善してシールド層としての機能を効果的に発揮させるために設けられている。

【0022】

第2の反強磁性層15と第2の主シールド層16との間にCu等の非磁性層(図示せず)を挿入してもよい。非磁性層の厚さはCuの場合は1nm程度で十分である。非磁性層を挿入することによって、主シールド層16が多磁区化しやすくなり、主シールド層16の外部磁界に対するシールド性能が向上する。しかし、非磁性層を設けない場合は主シールド層16の磁区が動くことによるノイズが発生しにくくなる。従って、非磁性層を挿入するか否かは設計上の判断に委ねられる。

【0023】

図2Aを参照すると、MR積層体2のトラック幅方向T両側にはAl₂O₃からなる絶縁層17が形成されている。絶縁層17を設けることで、MR積層体2の膜面直交方向Pに流れるセンス電流をMR積層体2に集中させることができる。絶縁層17はMR積層体2の側面に絶縁に必要な膜厚で形成されていればよく、その外側に導電性の膜が存在していてもよい。しかし、その場合でも、第1のシールド層3と第2のシールド層4とは絶縁されている必要がある。

【0024】

図2Bに示すように、MR積層体2の記録媒体対向面Sの反対面には、Al₂O₃からなる絶縁層19を介して、バイアス磁界印加層18が設けられている。バイアス磁界印加層18はCoPt, CoCrPt等よりなる硬磁性膜であり、MR積層体2に記録媒体対向面Sと直交する向きQのバイアス磁界を印加する。絶縁層19は、センス電流がバイアス磁界印加層18に流れ込むことを防止する。

【0025】

図1を参照すると、第2のシールド層4の上には、スパッタ法等によって形成された素子間シールド層31を介して書込部20が設けられている。書込部20はいわゆる垂直磁気記録用の構成を有している。書込のための磁極層は主磁極層21と補助磁極層22とからなる。これらの磁極層21, 22は、フレームめっき法等によって形成される。主磁極層21は、FeCoから形成され、記録媒体対向面Sにおいて、記録媒体対向面Sとほぼ直交する向きで露出している。主磁極層21の周囲には、絶縁材料からなるギャップ層24の上を延びるコイル層23が巻回しており、コイル層23によって主磁極層21に磁束が誘導される。コイル層23は、フレームめっき法等によって形成される。この磁束は主磁極層21の内部を導かれ、記録媒体対向面Sから記録媒体に向けて放出される。主磁極層21は、記録媒体対向面S付近で、膜面直交方向Pだけでなく、トラック幅方向T(図1における紙面直交方向。図2Aも参照。)にも絞られており、高記録密度化に対応した微細

10

20

30

40

50

で強い書込磁界を発生する。

【 0 0 2 6 】

補助磁極層 2 2 は主磁極層 2 1 と磁氣的に結合した磁性層である。補助磁極層 2 2 は Ni, Fe, Co のいずれか 2 つまたは 3 つからなる合金などで形成された、膜厚約 $0.01 \mu\text{m}$ ~ 約 $0.5 \mu\text{m}$ の磁極層である。補助磁極層 2 2 は主磁極層 2 1 から分岐して設けられ、記録媒体対向面 S 側ではギャップ層 2 4 及びコイル絶縁層 2 5 を介して主磁極層 2 1 と対向している。補助磁極層 2 2 の記録媒体対向面 S 側の端部は、補助磁極層 2 2 の他の部分より層断面が広いトレーリングシールド部を形成している。このような補助磁極層 2 2 を設けることによって、記録媒体対向面 S 近傍において、補助磁極層 2 2 と主磁極層 2 1 との間の磁界勾配がより急峻になる。この結果、信号出力のジッタが小さくなり、読み出し時のエラーレートを小さくすることができる。

10

【 0 0 2 7 】

次に、図 3 A ~ 3 D, 図 4 を参照して、本実施形態の薄膜磁気ヘッドが記録媒体に記録された磁気情報を読み取る作動原理を説明する。まず、外部磁界もバイアス磁界印加層 1 8 からのバイアス磁界も印加されていない無磁界状態を想定する。図 3 A は、このような仮想的な状態における、MR 積層体及びシールド層の磁化状態を示す模式図である。バイアス磁界が印加されていないことを示すため、バイアス磁界印加層 1 8 は破線で表示されている。図 4 は、第 1 及び第 2 の MR 磁性層に印加される磁界強度と信号出力との関係を示す模式図である。横軸は磁界強度、縦軸は信号出力を示す。なお、図 3 A ~ 3 D の各図において白抜き矢印は各磁性層の磁化方向を示している。

20

【 0 0 2 8 】

第 1 のシールド層 3 の第 1 の反強磁性層 1 2 と、第 2 のシールド層 4 の第 2 の反強磁性層 1 5 はあらかじめ、磁化方向が同じ向き（左向き）となるように磁化されている。従って、第 1 の交換結合磁界印加層 1 3 は第 1 の反強磁性層 1 2 との反強磁性結合によって、図中右側に磁化されている。同様に、第 2 の交換結合磁界印加層 1 4 は第 2 の反強磁性層 1 5 との反強磁性結合によって、図中右側に磁化されている。

【 0 0 2 9 】

第 1 の磁氣的連結層 5 は、Ru 層 5 a と CoFe 層 5 b と Ru 層 5 c と CoFe 層 5 d と Ru 層 5 e の積層構造となっており、CoFe 層 5 b と第 1 の反強磁性層 1 3 は、Ru 層 5 a を介して交換結合している。Ru の交換結合強度は膜厚に依存して正または負の値を示すことが知られており、例えば膜厚が 0.4 nm , 0.8 nm , 1.7 nm で大きな負の交換結合強度が得られる。ここで、交換結合強度が負であるとは、Ru 層の両側の磁性層の磁化方向が互いに反平行になることを意味する。従って、Ru 層 5 a の膜厚をこれらの値に設定することで CoFe 層 5 b は図中左向きに磁化される。同様に、CoFe 層 5 b と CoFe 層 5 d は Ru 層 5 c を介して交換結合している。さらに、CoFe 層 5 d と第 1 の MR 磁性層 6 は、Ru 層 5 e を介して交換結合している。Ru 層 5 c, 5 e の膜厚を例えば 0.4 nm , 0.8 nm , または 1.7 nm に設定することによって、第 1 の MR 磁性層 6 図中左向きに磁化される。第 2 の反強磁性層 1 5、第 2 の交換結合磁界印加層 1 4、第 2 の磁氣的連結層 9、及び第 2 の MR 磁性層 8 の磁化方向についても同様に考えることができる。従って、図 3 A の例では、第 2 の MR 磁性層 8 は図中右向きに磁化される。

30

40

【 0 0 3 0 】

図 4 の状態 A は図 3 A の状態を示しており、第 1 の MR 磁性層 6 の磁化方向 FL 1 と第 2 の MR 磁性層 8 の磁化方向 FL 2 は、バイアス磁界層 1 8 からのバイアス磁界及び記録媒体 M からの外部磁界がないため、互いに反平行の向きとなっている。もっとも、第 1 の MR 磁性層 6 の磁化方向 FL 1 と第 2 の MR 磁性層 8 の磁化方向 FL 2 は厳密に反平行になっている必要はなく、後述するようにバイアス磁界を印加したときに、磁化方向が互いに逆方向に回転することができればよい。

【 0 0 3 1 】

このように、第 1 の磁氣的連結層 5 は、第 1 の交換結合磁界印加層 1 3 と第 1 の MR 磁性層 6 とを磁氣的に連結しており、第 1 の交換結合磁界印加層 1 3 は、第 1 の磁氣的連結

50

層5を介して、記録媒体対向面Sと平行な向きの交換結合磁界を第1のMR磁性層6に印加する機能を果たしている。同様に、第2の磁氣的連結層9は、第2の交換結合磁界印加層14と第2のMR磁性層8とを磁氣的に連結しており、第2の交換結合磁界印加層14は、第2の磁氣的連結層9を介して、記録媒体対向面Sと平行な向きの交換結合磁界を第2のMR磁性層8に印加する機能を果たしている。この結果、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8は、無磁界状態で、互いに反平行な向きに磁化される。

【0032】

第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8には実際にはバイアス磁界が印加されているため、次に、図3Bに示すように、外部磁界が印加されず、バイアス磁界だけが印加された状態を考える。ここでは、バイアス磁界は記録媒体対向面Sに向かう方向に印加されているとする。第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向は、各々、バイアス磁界の影響を受けて、記録媒体対向面Sに向かって回転する。この結果、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向は、反平行状態から平行状態に向かって回転し、図4に状態Bとして示す初期磁化状態(バイアス磁界だけが印加されている状態)となる。なお、図4では、バイアス磁界及び外部磁界の向きは図中下向きを正としている。

【0033】

この状態で記録媒体Mからの外部磁界が印加されると、第1のMR磁性層6の磁化方向と第2のMR磁性層8の磁化方向との相対角度は、磁界の方向に応じて、増加または減少する。具体的には、図3Cに示すように、記録媒体対向面Sから記録媒体Mを向く磁界MF1が記録媒体Mから印加された場合には、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向はさらに記録媒体対向面Sに向かって回転し、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向は平行状態Cに近づく(図4の状態D)。平行状態に近づくほど電極(第1及び第2のシールド層3,4)から供給される電子が散乱されにくくなり、センス電流の電気抵抗値が減少する。すなわち信号出力が低下する。一方、図3Dに示すように、記録媒体Mから記録媒体対向面Sを向く磁界MF2が印加された場合には、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向は逆に記録媒体対向面Sから遠ざかる向きに回転し、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向は反平行状態に近づく(図4の状態E)。反平行状態に近づくほど電極から供給される電子が散乱されやすくなり、センス電流の電気抵抗値が増加する。すなわち信号出力が増加する。こうして、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向の相対角度の変化を利用して外部磁界を検出することができる。

【0034】

第1、第2の磁氣的連結層5,9は、その内部の磁性層の磁化方向が交換結合によって強固に固定されているため、外部磁界によって影響を受けにくい。このため、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向は第1、第2の磁氣的連結層5,9の磁化方向の変動によっては影響されにくく、主に外部磁界に反応して磁化方向を変えることができる。

【0035】

本実施形態では、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8の磁化方向が状態B(初期磁化状態)で概ね直交するようにバイアス磁界印加層18の膜厚、形状等が調整されている。初期磁化状態で磁化方向が直交していると、図4から明らかなように、外部磁界の変化に対する出力変化(信号出力の傾き)が大きくなり、大きな磁気抵抗変化率を得ることができると共に、良好な出力対称性を得ることができる。

【0036】

このように、第1、第2の磁氣的連結層5,9は、第1、第2の交換結合磁界印加層13,14の磁化方向に関する情報、特に磁化方向の異方的性質を第1、第2のMR磁性層6,8に伝達する機能を有している。しかし、第1、第2の磁氣的連結層5,9は、リードギャップを調整する機能も有している点に留意されたい。リードギャップの目標値は、薄膜磁気ヘッドが実現しようとする線記録密度に基づいて決定されるが、第1、第2のMR磁性層6,8及び非磁性中間層7の膜厚は他の様々な要因によって決定されるため、第

10

20

30

40

50

1、第2の磁氣的連結層5，9は、リードギャップを所望の大きさに調整する機能を有する。

【0037】

第1、第2の磁氣的連結層5，9を構成するRu層の膜厚は上述の通り自由度が小さく、CoFe層の磁化方向を外部磁界に対して固定するためには、CoFe層の膜厚をあまり大きくすることもできない。そこで、第1、第2の磁氣的連結層5，9が大きな膜厚を必要とするときは、Ru層とCoFe層の積層数を増やすことが望ましい。例えば、本実施形態では第1、第2の磁氣的連結層5，9はRu層/CoFe層/Ru層の3層構成、または、Ru層/CoFe層/Ru層/CoFe層/Ru層の5層構成を用いているが、Ru層/CoFe層/Ru層/CoFe層/Ru層/CoFe層/Ru層の7層構成など他の構成を用いることもできる。

10

【0038】

第1、第2の磁氣的連結層5，9の層構成を設定する際は、以下の点を考慮することが望ましい。第1及び第2の反強磁性層12，15の着磁方向は、着磁工程上の理由から、同じ方向に揃えた方が磁化状態が安定化する。このため、本実施形態では第1及び第2の反強磁性層12，15は、図3Aにおいて図中左向きに磁化している。ただし、第1及び第2の反強磁性層12，15は、隣接するCoFe層13a，14bと接する一原子層だけが図中左向きに磁化されており、全体として左向きに磁化されているわけではない。従って、第1及び第2の反強磁性層12，15については、磁化方向の図示はしていない(図3B～3D，5も同様。)。もちろん、第1及び第2の反強磁性層12，15がともに右向きに磁化されていてもかまわない。また、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8は、初期磁化状態で、非磁性中間層7を挟んで反平行に磁化されることが望ましい。本実施形態では、これらの条件を満たすためには、反強磁性結合をするRu層/CoFe層の組の数を調整している。すなわち、第1の磁氣的連結層5をRu層/CoFe層/Ru層/CoFe層/Ru層の5層構成とし、第2の磁氣的連結層9をRu層/CoFe層/Ru層の3層構成とすることで、第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8とが反平行に磁化されるのである。第1の磁氣的連結層5をRu層/CoFe層/Ru層の3層構成とし、第2の磁氣的連結層9をRu層/CoFe層/Ru層/CoFe層/Ru層の5層構成としても構わない。

20

【0039】

所望のリードギャップが小さい場合には、第1、第2の磁氣的連結層5，9のいずれかをRu層の単層構成とすることも考えられる。第2の磁氣的連結層9をRu層の単層構成としたときの膜構成を表2に示す。第1及び第2の反強磁性層12，15の磁化方向を揃え、かつ第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8とが反平行に磁化されるように、第1の磁氣的連結層5はRu層/CoFe層/Ru層の3層構成としている。むしろ、第1の磁氣的連結層5をRu層の単層構成とし、第2の磁氣的連結層9をRu層/CoFe層/Ru層の3層構成とすることもできる。さらに、第1及び第2の反強磁性層12，15の磁化方向を逆にすれば、第1、第2の磁氣的連結層5，9をともにRu層の単層構成とすることも可能である。

30

【0040】

【表 2】

| 層構成 | | | 膜厚(nm) | 磁化方向 |
|-----------|----------------|----------|-----------|------|
| 第2のシールド層4 | 第2の主シールド層16 | NiFe層 | 1000~2000 | |
| | 第2の反強磁性層15 | IrMn層 | 6 | |
| | 第2の交換結合磁界印加層14 | CoFe層14b | 1.5 | |
| NiFe層14a | | 20 | ← | |
| MR積層体2 | 第2の磁氣的連結層9 | Ru層 | 0.8 | |
| | 第2のMR磁性層8 | CoFe層 | 3 | → |
| | 非磁性中間層7 | ZnO層 | 2 | |
| | 第1のMR磁性層6 | CoFe層 | 3 | ← |
| | 第1の磁氣的連結層5 | Ru層5c | 0.8 | |
| | | CoFe層5b | 1 | → |
| Ru層5a | | 0.8 | | |
| 第1のシールド層3 | 第1の交換結合磁界印加層13 | NiFe層13b | 20 | ← |
| | | CoFe層13a | 1.5 | |
| | 第1の反強磁性層12 | IrMn層 | 6 | |
| | 第1の主シールド層11 | NiFe層 | 1000~2000 | |

10

【0041】

このように、本発明の薄膜磁気ヘッドでは、第1のMR磁性層6と第1の交換結合磁界印加層13との間、及び第2のMR磁性層8と第2の交換結合磁界印加層14との間の少なくとも一方に、少なくとも1層のRu層を含む磁性層（磁氣的連結層）を有する構成が可能である。また、第1のMR磁性層6と第1の交換結合磁界印加層13との間、及び第2のMR磁性層8と第2の交換結合磁界印加層14との間の少なくとも一方に、Ru層からなる磁氣的連結層を有する構成も可能である。

20

【0042】

さらに、図5に示すように、第1の交換結合磁界印加層13の代わりに、Ruなどからなる非磁性導電層41bを挟んで反強磁性結合する一対の強磁性層41a, 41cで構成されたシンセティック交換結合磁界印加層41を用いてもよい。強磁性層41a, 41cはCoFe層、NiFe層、CoFe層とNiFe層の積層構造などで形成される。非磁性導電層41bをRu層で形成する場合、膜厚は0.8nm程度が好ましい。また、シンセティック交換結合磁界印加層41のトータル膜厚は5~100nm程度が好ましい。

【0043】

本構成によれば、磁化方向が第1のシールド層3の内部で一度反転するため、第1の磁氣的連結層5はRu層/CoFe層/Ru層の3層構成とすることができる。この結果、第1の磁氣的連結層5と第2の磁氣的連結層9の膜構成及び膜厚を揃えることができる。また、図3Aと図5の比較から分るように、第1の磁氣的連結層5の膜厚を減らすことができるため、リードギャップの低減につながり、さらなる高記録密度化に寄与する。

30

【0044】

第1の交換結合磁界印加層13に代えて第2の交換結合磁界印加層14が強磁性層/非磁性導電層/強磁性層のシンセティック構成を備えていてもよい。要するに、本発明においては、第1の交換結合磁界印加層13及び第2の交換結合磁界印加層14の磁化方向を揃え、かつ第1のMR磁性層6と第2のMR磁性層8とが反平行に磁化されるように、第1の磁氣的連結層5、第2の磁氣的連結層9、第1の交換結合磁界印加層13、及び第2の交換結合磁界印加層14の膜構成を適宜設定することができる。

40

【0045】

なお、CoFe層を複数層用いる場合には、各CoFe層の膜厚は揃えておくことが望ましい。CoFe層は外部磁界によって磁化されて、磁化方向が外部磁界に向かって回転しようとするが、もし、CoFe層の膜厚が異なると、膜厚の大きいCoFe層が交換結合力に打ち勝ってより回転しやすくなり、第1、第2の交換結合磁界印加層13, 14の磁化方向に関する情報を第1、第2のMR磁性層6, 8に伝達するという機能が阻害されるためである。

【0046】

本実施形態の薄膜磁気ヘッドは、以下の方法で製造することができる。まず、基板91（図1参照）上に第1のシールド層3を作成し、次に、第1のシールド層3の上に、スパ

50

ツタリングによってMR積層体2を構成する各層を形成する。次に、これらの各層をパターンニングし、トラック幅方向Tの両側の部分を絶縁膜17で埋め戻す。その後、記録媒体対向面Sから素子のハイトh(図1参照)に相当する部分までを残してミリングし、絶縁層19を介してバイアス磁界印加層18を形成する。以上によって、MR積層体2のトラック幅方向Tの両側側面に絶縁層17が形成され、記録媒体対向面Sから見てMR積層体2の裏側にバイアス磁界印加層18が形成される。その後第2のシールド層4を形成する。さらに、上述した書込部20を公知の手法で作成する。

【0047】

(実施例)

DCマグネトロンスパッタリング装置を用いて、ALTiC(Al_2O_3 -TiC)基板上に厚さ1 μ mの第1のシールド層3を成膜し、その上にIrMn合金を5nm堆積して第1の反強磁性層12を形成した。続いて厚さをパラメータとしたCoFe合金及びNiFe合金をこの順で堆積して第1の交換結合磁界印加層13を形成した。第1の交換結合磁界印加層13上に厚さ0.8nmのRu層と厚さ1nmのCoFe合金と厚さ0.8nmのRu層からなる多層膜を堆積して第1の磁氣的連結層5を形成した。第1の磁氣的連結層5上に、厚さ4nmの第1のMR磁性層6と、厚さ2nmのZnOからなる非磁性中間層7と、厚さ4nmの第2のMR磁性層8を順に堆積した。その後、第1の磁氣的連結層5と同じ構成の第2の磁氣的連結層9を堆積し、ミリングして再生ヘッド形状とした。さらに、厚さをパラメータとしたNiFe合金及びCoFe合金をこの順で堆積して第2の交換結合磁界印加層14を形成した。その上に厚さ5nmのIrMn合金を堆積して第2の反強磁性層15を形成した。その層上に厚さ1nmのCu層を堆積した後、厚さ1 μ mのNiFe合金を堆積して第2のシールド層4を形成した。その後250℃で3時間の磁場中アニールを施して再生ヘッドのテストサンプルを作成した。また、基準ケースとして第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14を形成しないサンプルも作成した。各サンプルで、NiFe合金とCoFe合金の膜厚は、第1の交換結合磁界印加層13と第2の交換結合磁界印加層14とで同一とした。

【0048】

こうして得たテストサンプルの交換結合磁界、磁気抵抗変化率(MR変化率)、及び磁気抵抗変化率のCOV値(分散を平均値で除した値)を、図6A~6C及び表3に示す。交換結合磁界はあまり大きいとシールド層としての機能が害され、あまり小さいと第1及び第2のMR磁性層6, 8の磁化方向が固定されにくくなる。これらを考慮して4[kA/m](50[Oe])以上、159[kA/m](2000[Oe])以下を許容範囲とした。磁気抵抗変化率は高い程好ましいが、ここでは基準ケースの磁気抵抗変化率である14%を上回る場合に本発明の効果があると評価した。COV値は小さいほど好ましいが、実用上の観点から5%以下を許容範囲とした。

【0049】

これらの図及び表3から、交換磁界は第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14の膜厚4~80nmの範囲で、磁気抵抗変化率は膜厚5~200nmの範囲で、磁気抵抗変化率のばらつき(COV値)は膜厚5~80nmの範囲で許容範囲内となっている。表3において許容範囲にあるケースは網掛け表示している。以上より、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14の膜厚は5~80nmの範囲が好ましい。表3にはすべての判断基準を満足するケースを好適ケースとして表示し、対応する合計膜厚の欄を太線で囲んである。なお、合計膜厚が同じである好適ケース1, 2の比較、及び好適ケース3, 4の比較より、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14にCoFe層を設け、CoFe層が第1及び第2の反強磁性層12, 15に接する構成とすることで大きな交換磁界が得られることがわかる。

【0050】

【表 3】

| CoFe層膜厚 nm | NiFe層膜厚 nm | 合計膜厚 nm | 交換磁界 | | MR変化率 % | 標準偏差 | 備考 |
|---------------|---------------|------------|------|------|------------|------|--------|
| | | | kA/m | Oe | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | 14 | 12 | 基準ケース |
| 1 | 1 | 2 | 167 | 2100 | 12 | 7.6 | 比較ケース1 |
| 1 | 3 | 4 | 107 | 1350 | 13 | 5.6 | 比較ケース2 |
| 0 | 5 | 5 | 60 | 750 | 17 | 3 | 好適ケース1 |
| 1 | 4 | 5 | 80 | 1000 | 16 | 2.5 | 好適ケース2 |
| 0 | 10 | 10 | 30 | 380 | 16 | 4.6 | 好適ケース3 |
| 2 | 8 | 10 | 31 | 390 | 19 | 3.6 | 好適ケース4 |
| 2 | 18 | 20 | 16 | 198 | 20 | 4 | 好適ケース5 |
| 1.5 | 28.5 | 30 | 11 | 135 | 17 | 4.9 | 好適ケース6 |
| 2 | 28 | 30 | 11 | 132 | 20 | 4 | 好適ケース7 |
| 1.5 | 48.5 | 50 | 6 | 80 | 18 | 4.6 | 好適ケース8 |
| 2 | 78 | 80 | 4 | 50 | 16 | 4.1 | 好適ケース9 |
| 2 | 118 | 120 | 3 | 34 | 15 | 11.6 | 比較ケース3 |
| 3 | 197 | 200 | 2 | 19 | 15 | 12 | 比較ケース4 |
| 1 | 299 | 300 | 1 | 13 | 13 | 12.4 | 比較ケース5 |

10

【0051】

以上説明したように、本実施形態及び本実施例の薄膜磁気ヘッドでは、外部磁界に応じて磁化方向が変化する第1及び第2のMR磁性層6, 8を、第1及び第2の磁氣的連結層5, 9を介して、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14からの交換結合磁界によって、無磁界状態において互いに反平行に磁化している。従って、非磁性中間層7に交換結合作用を奏する材料を用いる必要がなく、磁気抵抗効果を最大限に発揮することのできる材料を適宜用いることが可能となり、高い磁気抵抗変化率を得ることができる。第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14は第1及び第2の反強磁性層12, 15によって強固に磁化されるため、第1及び第2のMR磁性層6, 8の磁化状態を制御しやすくなり、ばらつきが少なくかつ高い磁気抵抗変化率を得ることができる。さらに、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14並びに第1及び第2の反強磁性層12, 15はシールド層3, 4の機能を奏するため、リードギャップの減少にも寄与する。すなわち、本実施形態及び実施例の薄膜磁気ヘッドでは、第1及び第2の交換結合磁界印加層13, 14並びに第1及び第2の反強磁性層12, 15が、第1及び第2のMR磁性層6, 8の磁化状態を制御する磁化制御層としての機能と、シールド層としての機能を両立している。

20

【0052】

次に、上述した薄膜磁気ヘッドの製造に用いられるウエハについて説明する。図7を参照すると、ウエハ100の上には、少なくとも前述の薄膜磁気ヘッドを構成する積層体が成膜されている。ウエハ100は、記録媒体対向面Sを研磨加工する際の作業単位である、複数のバー101に分割される。バー101は、研磨加工後さらに切断されて、薄膜磁気ヘッドを含むスライダ210に分離される。ウエハ100には、ウエハ100をバー101に、バー101をスライダ210に切断するための切り代(図示せず)が設けられている。

30

【0053】

図8を参照すると、スライダ210は、ほぼ六面体形状をなしており、そのうちの一面はハードディスクと対向する記録媒体対向面Sとなっている。

40

【0054】

図9を参照すると、ヘッドジンバルアセンブリ220は、スライダ210と、スライダ210を弾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、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と、ロードビーム222の一端部に設けられたフレクシャ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。フレクシャ223にはスライダ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の、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。

【0055】

50

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、ハードディスク装置内に配置されている。ハードディスクが図 9 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、y 方向下向きに揚力が生じる。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。スライダ 210 の空気流出側の端部（図 8 における左下の端部）の近傍には、薄膜磁気ヘッド 1 が形成されている。

【0056】

ヘッドジンバルアセンブリ 220 をアーム 230 に取り付けられたものはヘッドアームアセンブリ 221 と呼ばれる。アーム 230 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。アーム 230 の一端はベースプレート 224 に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 の中間部には軸受け部 233 が設けられている。アーム 230 は、軸受け部 233 に取り付けられた軸 234 によって回動自在に支持されている。アーム 230 及び、アーム 230 を駆動するボイスコイルモータは、アクチュエータを構成する。

10

【0057】

次に、図 10 及び図 11 を参照して、上述したスライダが組込まれたヘッドスタックアセンブリとハードディスク装置について説明する。ヘッドスタックアセンブリとは、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である。図 10 はヘッドスタックアセンブリの側面図、図 11 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 230 を有するキャリッジ 251 を有している。各アーム 230 には、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 の、アーム 230 の反対側には、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。ボイスコイルモータは、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。

20

【0058】

図 11 を参照すると、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込まれている。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。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 が配置されている。スライダ 210 を除くヘッドスタックアセンブリ 250 及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、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 はアクチュエータによって、ハードディスク 262 のトラック横断方向に動かされ、ハードディスク 262 に対して位置決めされる。スライダ 210 に含まれる薄膜磁気ヘッド 1 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。

30

【0059】

本発明の望ましい実施形態について提示し、詳細に説明したが、添付の特許請求の範囲の趣旨または範囲から逸脱しない限り、さまざまな変更及び修正が可能であることを理解されたい。

40

【符号の説明】

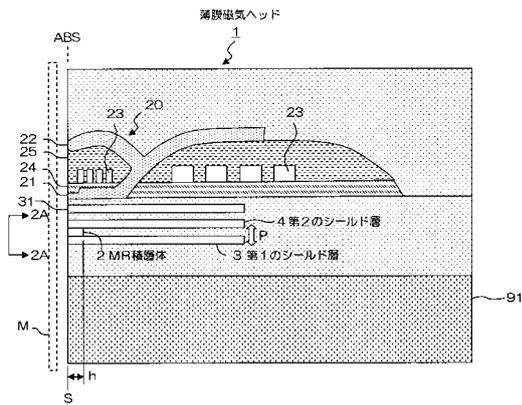
【0060】

- 1 薄膜磁気ヘッド
- 2 MR 積層体
- 3 第 1 のシールド層
- 4 第 2 のシールド層
- 5 第 1 の磁氣的連結層
- 6 第 1 の MR 磁性層
- 7 非磁性中間層

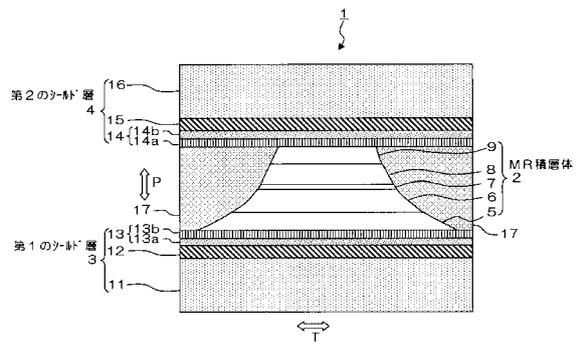
50

- 8 第2のMR磁性層
- 9 第2の磁氣的連結層
- 11 第1の主シールド層
- 12 第1の反強磁性層
- 13 第1の交換結合磁界印加層
- 14 第2の交換結合磁界印加層
- 15 第2の反強磁性層
- 16 第2の主シールド層
- 17, 19 絶縁層
- 18 バイアス磁界印加層

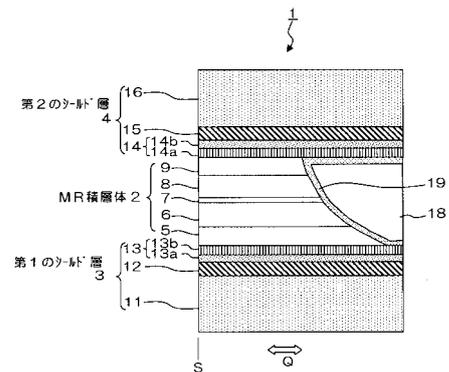
【図1】



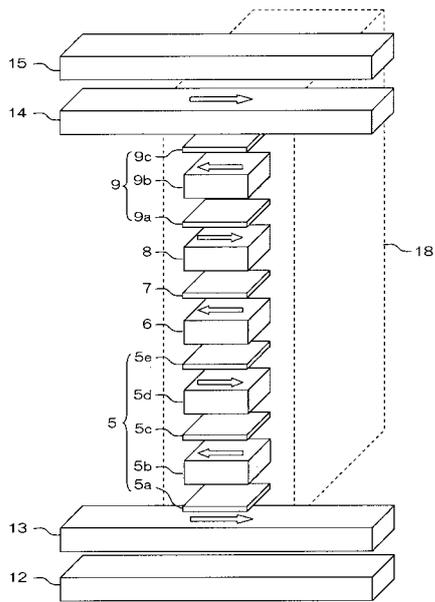
【図2A】



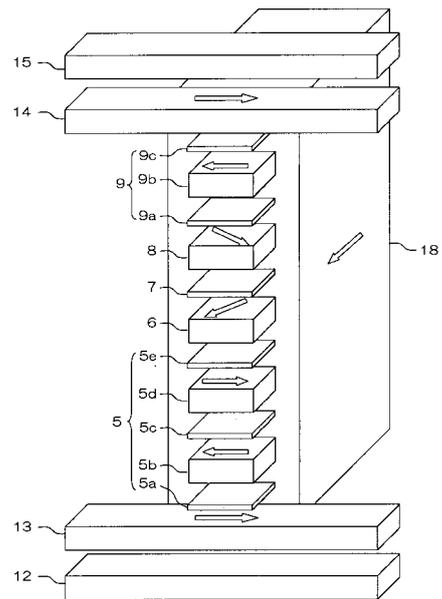
【図2B】



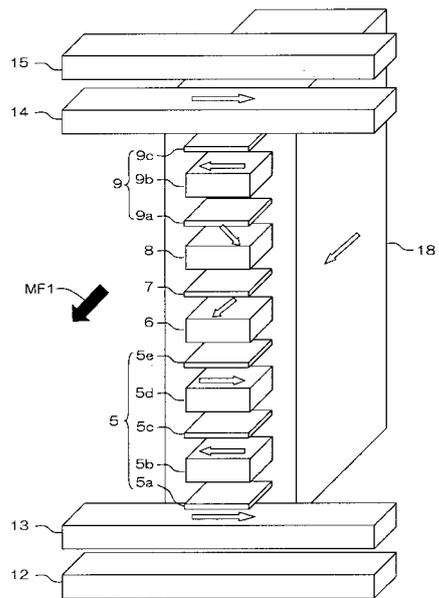
【図 3 A】



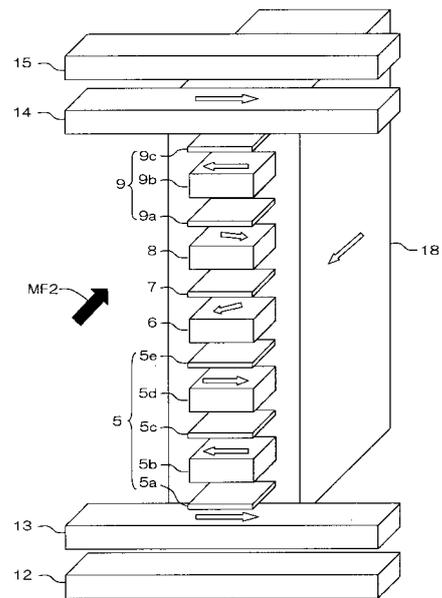
【図 3 B】



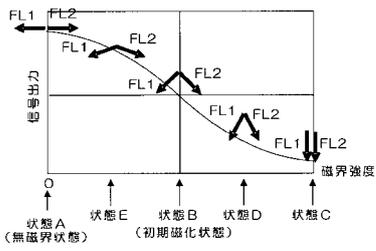
【図 3 C】



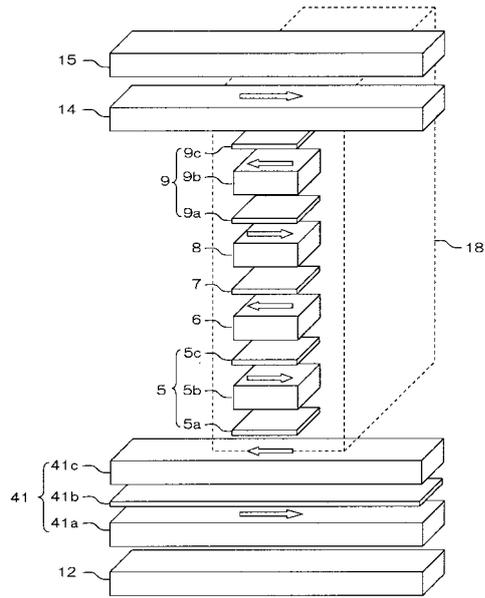
【図 3 D】



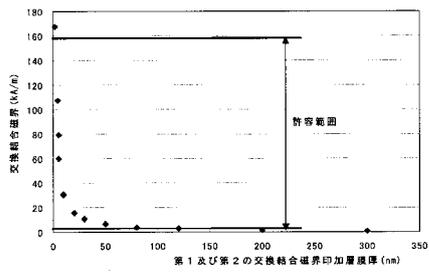
【図4】



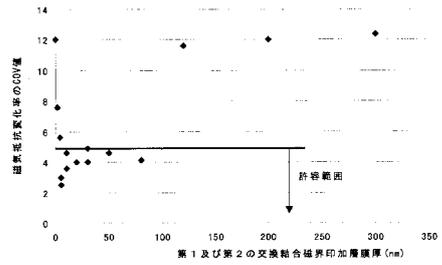
【図5】



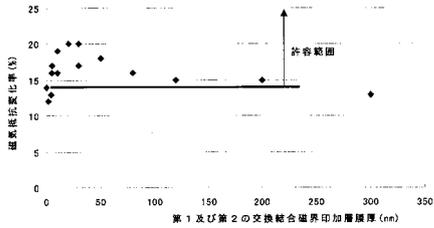
【図6A】



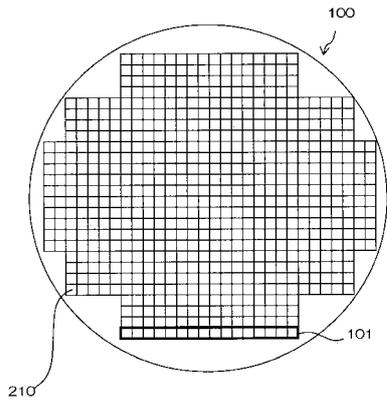
【図6C】



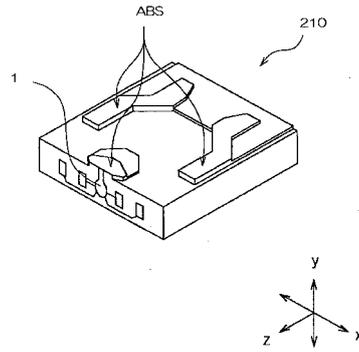
【図6B】



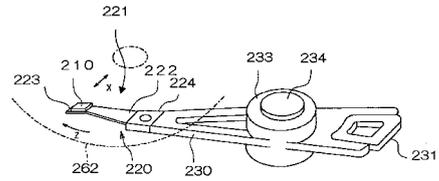
【図7】



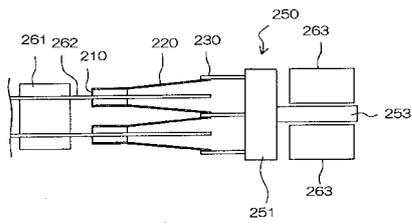
【図8】



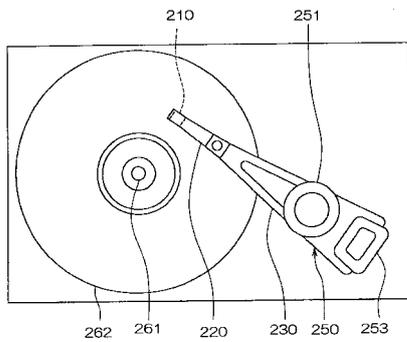
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

- (72)発明者 原 晋治
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 宮内 大助
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内
- (72)発明者 町田 貴彦
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内

審査官 斎藤 眞

- (56)参考文献 米国特許第07035062(US, B1)
特開2003-060264(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------------|
| G11B | 5/39 |
| H01L | 43/00 - 43/14 |