

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3793669号  
(P3793669)

(45) 発行日 平成18年7月5日(2006.7.5)

(24) 登録日 平成18年4月14日(2006.4.14)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 5/39 (2006.01)

F I

G 1 1 B 5/39

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平11-239169	(73) 特許権者	503136004
(22) 出願日	平成11年8月26日(1999.8.26)		株式会社日立グローバルストレージテクノ
(65) 公開番号	特開2001-67621(P2001-67621A)		ロジーズ
(43) 公開日	平成13年3月16日(2001.3.16)		神奈川県小田原市国府津2880番地
審査請求日	平成15年10月7日(2003.10.7)	(74) 代理人	100075096
			弁理士 作田 康夫
		(72) 発明者	石川 千明
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究
			所内
		(72) 発明者	戸塚 香
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究
			所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 巨大磁気抵抗効果ヘッド、薄膜磁気ヘッドならびに磁気記録再生装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気抵抗効果膜と、該磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極と、当該磁気抵抗効果膜の上部及び下部に形成された磁気シールド膜とを有する巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記磁気抵抗効果膜は、第1の強磁性複合層、第1の非磁性層、自由強磁性層、第2の非磁性層、第2の強磁性複合層が順次積層され、

前記第1の強磁性複合層及び第2の強磁性複合層は、それぞれ、相互に反強磁性的に結合された第1および第2の強磁性膜と、当該各々の強磁性膜を分離して反強磁性的に結合させる膜とを含み、

前記第1の強磁性複合層の第2強磁性膜は、前記第1の強磁性複合層の第1強磁性膜よりも前記自由強磁性層に近い位置に積層され、

前記第2の強磁性複合層の第1強磁性膜は、前記第2の強磁性複合層の第2強磁性膜よりも前記自由強磁性層に近い位置に積層され、

前記第1の強磁性複合層の第2強磁性膜は、前記第1の強磁性複合層の第1強磁性膜よりも厚みが大きく、

前記第2の強磁性複合層の第2強磁性膜は、前記第2の強磁性複合層の第1強磁性膜よりも厚みが大きく、

前記第1の強磁性複合層の磁気モーメントの方向と前記第2の強磁性複合層の磁気モーメントの方向とは反平行であり、前記前記第1の強磁性複合層の第2強磁性膜の磁気モー

メントの方向と前記前記第 2 の強磁性複合層の第 1 強磁性膜の磁気モーメントの方向とは平行であることを特徴とする巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 2】

磁気抵抗効果膜と、該磁気抵抗効果膜に電流を供給する一対の電極と、当該磁気抵抗効果膜の上部及び下部に形成された磁気シールド膜とを有する巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、

前記磁気抵抗効果膜は、第 1 の強磁性複合層、第 1 の非磁性層、自由強磁性層、第 2 の非磁性層、第 2 の強磁性複合層が順次積層され、

前記第 1 の強磁性複合層及び第 2 の強磁性複合層は、それぞれ、相互に反強磁性的に結合された第 1 および第 2 の強磁性膜と、当該各々の強磁性膜を分離して反強磁性的に結合させる膜とを含み、

前記第 1 の強磁性複合層の第 2 強磁性膜は、前記第 1 の強磁性複合層の第 1 強磁性膜よりも前記自由強磁性層に近い位置に積層され、

前記第 2 の強磁性複合層の第 1 強磁性膜は、前記第 2 の強磁性複合層の第 2 強磁性膜よりも前記自由強磁性層に近い位置に積層され、

前記第 1 の強磁性複合層の第 1 強磁性膜は、前記第 1 の強磁性複合層の第 2 強磁性膜よりも厚みが大きく、

前記第 2 の強磁性複合層の第 1 強磁性膜は、前記第 2 の強磁性複合層の第 2 強磁性膜よりも厚みが大きく、

前記第 1 の強磁性複合層の磁気モーメントの方向と前記第 2 の強磁性複合層の磁気モーメントの方向とは反平行であり、前記前記第 1 の強磁性複合層の第 2 強磁性膜の磁気モーメントの方向と前記前記第 2 の強磁性複合層の第 1 強磁性膜の磁気モーメントの方向とは平行であることを特徴とする巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 3】

前記第 1 の強磁性複合層の正味の磁気モーメントが、第 1 の強磁性複合層の第 1 および第 2 の強磁性膜の磁気モーメントの合計よりも小さく、かつ、第 2 の強磁性複合層の正味の磁気モーメントが、第 2 の強磁性複合層の第 1 および第 2 の強磁性膜の磁気モーメントの合計よりも小さくことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の巨大磁気抵抗効果ヘッド。

【請求項 4】

1 対の磁極、該 1 対の磁極を磁氣的に結合する磁気回路手段および前記磁気回路に鎖交するコイルを含む磁気記録用誘導型薄膜ヘッドと、前記請求項 1 又は 2 に記載の巨大磁気抵抗効果ヘッドとを備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項 5】

磁気記録媒体と、請求項 3 記載の薄膜磁気ヘッドと、前記磁気記録媒体と前記ヘッドとを相対的に駆動する駆動手段と、前記ヘッドに接続された記録再生信号処理系とを含むことを特徴とする磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気記録媒体に情報を記録し再生する磁気ヘッドに係り、特に、改良された巨大磁気抵抗効果ヘッドならびにそれを用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

磁気記録の高密度化に伴い、再生用磁気ヘッドに高い感度が求められている。高感度の再生磁気ヘッドとしては、Physical Review B、第 43 巻、1297～1300 頁「軟磁性多層膜における巨大磁気抵抗効果」に記載のように 2 層の磁性層を非磁性層で分離し、一方の磁性層に反強磁性層からの交換バイアス磁界を印加する構造が知られている。このような多層膜においては、抵抗  $R$  は、2 層の磁性層の磁化の間の角  $\theta$  の関数として、 $\cos \theta$  に比例して変化する成分を有することが、上記論文に示されており、このような効果を、巨大磁気抵抗効果 (GMR) と呼んでいる。

10

20

30

40

50

## 【0003】

従来の巨大磁気抵抗効果ヘッドでは、図7に示すように、基板5上に磁気シールド層10および磁気ギャップ層20を形成し、その上に磁気抵抗効果膜30として、強磁性層（自由層）35、Cu40、強磁性層（固定層）65、反強磁性層70を順次積層する。矢印55は磁化の方向を表す。磁気抵抗効果膜をパターンングした後、その両端部に電極膜80および永久磁石90が配置される。さらにその上に、磁気ギャップ層100を介して磁気シールド膜110を形成する。上記磁気抵抗効果膜において、固定層は、反強磁性層からの交換バイアス磁界によって磁化が素子高さ（深さ）方向に固定される。一般に自由層の磁化容易方向はヘッドのトラック幅方向（z方向）と平行とされる。

## 【0004】

このようなヘッドでは、媒体からの信号磁界がヘッドの素子高さ方向の上下に印加されたときに自由層が磁気飽和をしないように、自由層全体の磁化がヘッドのトラック幅方向と平行になるように保たれることが望ましい。しかし、媒体表面に垂直に配向する固定層の磁化からの静磁界が自由層に印加されるため、自由層内の磁化は均一にトラック幅方向と平行にはならないという問題がある。これが平行でないと、正と負の磁界に対するヘッドの感度が等しくなくなり、再生波形の上下の非対称性が大きくなる。これは、PRML等の信号処理によるエラーレート改善に悪影響を与えるとともに、出力が低下する。ここで、非対称性Asym.は正側出力のピーク値V+と負側出力のピーク値V-に対して、 $Asym. = |V+ - V-| / |V+ + V-|$ と定義する。

## 【0005】

再生波形の上下の非対称性が改善された巨大磁気抵抗効果ヘッドとしては、特開平7 1 6 9 0 2 6に記載のヘッドが知られている。図8に示すようにこのヘッドの磁気抵抗効果膜30は、強磁性層（自由層）35、Cu40、強磁性複合層（固定層）50、反強磁性層70から構成される。強磁性複合層からなる固定層50は、Ru等の非磁性層52を介して非常に強く反平行に磁化を結合させた第1および第2の強磁性膜51、53（例えばCo）からなる。2枚の強磁性膜の磁気モーメントは相互に反平行に整列するので互いに打ち消しあい、その結果、自由層に印加される固定層からの静磁界を低減する。この場合、固定層の第2の強磁性膜53の磁化は反強磁性膜70によって固定される。

## 【0006】

さらに、再生波形の上下の非対称性が改善された別の巨大磁気抵抗効果ヘッドとして、特開平8 7 2 3 5に記載のヘッドが知られている。図9に示すように、このヘッドの磁気抵抗効果膜30は、強磁性層（自由層）35、Cu40、強磁性複合層（固定層）50から構成される。強磁性複合層からなる固定層50は、前記ヘッドと同様、Ru等の非磁性層52を介して非常に強く反平行に磁化が結合した第1および第2の強磁性膜51、53（例えばCo）からなる。この場合、2枚の強磁性膜51、53の厚さを適切に選択することによって複合膜の実効的な保磁力を大きくして、自動ピン止め型の固定層を形成する。固定層からの静磁界が低減できるとともに、固定層を固定するための反強磁性膜が必要なくなるため、ヘッドの全膜厚を薄くしてギャップ長を小さくできるという利点がある。

## 【0007】

一方、巨大磁気抵抗効果ヘッドの再生出力を向上することを目的として、特開平5 3 4 7 0 1 3やUS5 2 8 7 2 3 8に記載の磁気ヘッドが発明されている。図10に示すように、このヘッドにおける磁気抵抗効果膜30は第1の反強磁性層70、第1の固定強磁性層65、非磁性層40、自由強磁性層35、非磁性層40、第2の固定強磁性層66および第2の反強磁性層71からなる。このように固定層を自由層の上下に設けて多層構造とすると、電子の界面散乱が起こる場所が増加するので、抵抗変化率が大きくなり高い再生出力を得る。このような巨大磁気抵抗効果ヘッドをデュアルスピンバルブ（SV）ヘッドと呼ぶ。

## 【0008】

デュアルスピンバルブヘッドの別の構造として、特開平7 2 2 5 9 2 5に記載の磁気ヘッドがある。図11に示すように、このヘッドにおける磁気抵抗効果膜30は第1の自由

10

20

30

40

50

強磁性層 3 5、非磁性層 4 0、第 1 の強磁性固定層 6 5、反強磁性層 7 0、第 2 の強磁性固定層 6 6、非磁性層 4 0、第 2 の自由強磁性層 3 6 を基本構成とする。反強磁性層の上下それぞれに固定層と自由層とを設けたことで、上記ヘッドと同様、電子散乱が起こる場所が増加するので抵抗変化率が大きくなる。

【 0 0 0 9 】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、自由層または反強磁性層の上下に 2 枚の固定層を設ける前記構造をとると、自由層に印加される固定層からの静磁界が、固定層の増加に伴い増加する。このため、自由層の磁化をヘッドのトラック幅方向と平行になるように保つことができなくなり、再生信号の上下の非対称性 Asym. が大きくなるという問題がある。 Asym. が大きいと、再生出力も低下する。

10

【 0 0 1 0 】

再生信号の上下の非対称性を改善できるデュアルスピンバルブ膜としては、第 2 2 回日本応用磁気学会学術講演概要集 3 0 9 頁「Co/Ru/Co 積層フェリ固定磁性層を用いた PtMn デュアルスピンバルブ膜」に記載の磁気抵抗効果膜がある。図 1 2 に示すように、この磁気抵抗効果膜 3 0 は第 1 の反強磁性層 7 0、第 1 の強磁性複合層（固定層）5 0、非磁性層 4 0、強磁性層（自由層）3 5、非磁性層 4 0、第 2 の強磁性複合層（固定層）6 0 および第 2 の反強磁性層 7 1 からなる。強磁性複合層 5 0 および 6 0 は、図 8 に示した前記複合膜と同様の構造である。これにより固定層からの静磁界を低減して、ヘッドの再生波形の上下非対称性を改善するものである。

20

【 0 0 1 1 】

しかし、デュアルスピンバルブヘッドの上下の固定層として複合膜を用いると、磁気ヘッド全体の膜厚が厚くなる。これに伴い、例えば図 7 に示す磁気ギャップ層 2 0 および 1 0 0 の膜厚を薄くすると、静電耐圧が不足して、磁気抵抗効果膜とシールド膜の間がショートして静電破壊が起きやすくなるという問題がある。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、再生波形の対称性および静電耐圧が良好なデュアルスピンバルブ型の巨大磁気抵抗効果ヘッドを提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

30

上記目的は、磁気抵抗効果膜として、基板、第 1 の自由強磁性層、第 1 の非磁性層、強磁性複合層、第 2 の非磁性層および、第 2 の自由強磁性層を積層し、上記強磁性複合層を自動ピン止め型固定層とすることにより達成される。この場合、自動ピン止め型固定層は互いに反強磁性的に結合された第 1、第 2 および第 3 の強磁性膜、ならびにこの 3 つの強磁性膜をそれぞれ分離して反強磁性的に結合させる膜から構成される。

【 0 0 1 4 】

本発明による磁気抵抗効果ヘッドは、磁気抵抗効果膜として、基板、第 1 の強磁性複合層、第 1 の非磁性層、自由強磁性層、第 2 の非磁性層、第 2 の強磁性複合層を積層することもできる。前記第 1、第 2 の強磁性複合層はそれぞれ自動ピン止め型固定層とする。この場合、自動ピン止め型固定層は相互に反強磁性的に結合された第 1 および第 2 の強磁性膜、ならびにこの 2 つの強磁性膜を分離して反強磁性的に結合する膜から構成される。また、第 1、第 2 の強磁性複合層のどちらか一方を、単一の固定強磁性層を反強磁性膜で固定した従来型の固定層に置きかえることもできる。

40

【 0 0 1 5 】

本発明による磁気抵抗効果ヘッドは、前記強磁性複合層の正味の磁気モーメントを強磁性複合層中の強磁性膜の磁気モーメントの合計よりも小さくすることができる。ここで、複合膜は磁気的には一体のものとして、これを正味の磁気モーメントとする。

【 0 0 1 6 】

また、本発明による磁気抵抗効果ヘッドは、前記強磁性複合層の第 1 および第 2 の強磁性膜の磁気モーメントをほぼ同一として、前記強磁性複合層の正味の磁気モーメントをほぼ

50

ゼロとすることもできる。

【0017】

本発明による巨大磁気抵抗効果ヘッドは、前記反強磁性層として、反強磁性層と強磁性層との積層順序にかかわらず大きな一方向異方性が得られるものが必要であり、酸化ニッケル、PtMn、PtPdMn、CrMnPt等とすることが望ましい。

【0018】

さらに、本発明による巨大磁気抵抗効果ヘッドは磁気記録用誘導型薄膜ヘッドと組み合わせた薄膜磁気ヘッドを構成することができる。

【0019】

デュアルスピンバルブヘッド型の巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいて、固定層に自動ピン止め型の複合膜を用いると、固定層からの静磁界が低減できるので、再生波形の上下非対称性Asym.が改善できる。また、磁気抵抗効果膜の全膜厚も低減できるので、磁気抵抗効果膜とシールド膜の間の絶縁膜厚を厚くすることができ、静電耐圧が良好になる。

【0020】

また、図11に示す従来型のデュアルスピンバルブヘッドでは、反強磁性膜70中で抵抗変化率に寄与しない電子の散乱が生じるが、自動ピン止め層の両側に自由層を2枚設ける本発明の巨大磁気抵抗効果ヘッド(図1)は、これを防げるので、従来型と比較して、抵抗変化率が向上できるという長所がある。

【0021】

さらに、自動ピン止め型固定層の複合膜中の2枚あるいは3枚の強磁性膜の膜厚差を変えて固定層から自由層に印加される静磁界を制御することにより、再生波形の上下の対称性が調整できる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について詳細に説明する。

【0023】

[実施例1]

本発明による代表的な巨大磁気抵抗効果型ヘッドの断面図を図1に示す。基板5上に、下部シールド膜(NiFe膜)10、磁気ギャップ形成用絶縁膜( $Al_2O_3$ 膜)20を形成した後、磁気抵抗効果膜30を形成した。磁気抵抗効果膜30としては、第1の自由強磁性層(NiFeCo)35、Cu40、強磁性複合層(自動ピン止め型固定層)50、Cu40、第2の自由強磁性層(NiFeCo)45を順次積層した。ここで、強磁性複合層(自動ピン止め型固定層)50として、Co51(25)、Ru52(6)、Co53(30)、Ru52(6)、Co54(25)を、図中の矢印200の方向に磁界を印加しながら順次積層した。強磁性複合層の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向される。つぎに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターニングを行い、さらに、永久磁石膜(CoCrPt膜)80を積層して、所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nbを積層、加工し電極90とした。さらに、その上に磁気ギャップ形成用絶縁膜( $Al_2O_3$ 膜)100、上部シールド膜(NiFe膜)110を積層し所望の形状に加工して磁気ヘッドとした。電極間隔Twは0.5 $\mu m$ 、素子高さhMRは0.4 $\mu m$ とした。

【0024】

図中の矢印55は各磁性膜の磁化の方向を表す。強磁性複合層50の第1、第2および第3の強磁性膜は互いに反強磁性的に強く結合されるので、図中に示す磁化方向となる。この場合、強磁性複合層50は、実効的な保磁力が大きく、自動ピン止め型の固定層を形成している。

【0025】

同じ電極間隔と素子高さを有する従来型の巨大磁気抵抗効果ヘッド(図7)を作製して、本発明のヘッドと比較した結果、再生出力が従来型の約1.5倍に向上することが確かめられた。

10

20

30

40

## 【0026】

さらに、hMRが異なるヘッドを多数作製して再生波形の上下非対称性Asym.と再生出力を測定した結果を図13に示す。ここで、Asym.は正側出力のピーク値 $V_+$ と負側出力のピーク値 $V_-$ に対して、 $Asym. = |V_+ - V_-| / |V_+ + V_-|$ と定義する。再生出力は、hMRが $0.4 \mu m$ のときの従来型ヘッドを1として規格化した値を示す。従来型ヘッドにおいては、Asym.をゼロとすることが困難で、しかもhMRの変化に伴いAsym.が大きく変化する。これに対して本発明のヘッドはAsym.をほぼゼロと制御できた。また、hMRが $0.2 \mu m$ から $0.7 \mu m$ まで変化してもAsym.の変化は小さく、hMRの公差によって生じるAsym.のばらつきが低減できた。再生出力は従来の約1.5倍と大きい。Asym.が良好でしかも再生出力が大きい巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。さらに、本実施例の巨大磁気抵抗効果ヘッドは静電耐圧が良好であることが確認できた。

10

## 【0027】

## [実施例2]

本発明による別の実施例として、固定層の膜厚が異なる巨大磁気抵抗効果型ヘッドを作製した。図1に示す実施例1と同様に、基板5上に、下部シールド膜(NiFe膜)10、磁気ギャップ形成用絶縁膜( $Al_2O_3$ 膜)20を形成した後、磁気抵抗効果膜30を形成した。磁気抵抗効果膜としては、第1の自由強磁性層(NiFeCo)35、Cu40、強磁性複合層(自動ピン止め型固定層)50、Cu40、第2の自由強磁性層(NiFeCo)55を順次積層した。ここで、強磁性複合層(自動ピン止め型固定層)50として、Co51(20)、Ru52(6)、Co53(35)、Ru52(6)、Co54(20)を、図中の矢印200の方向に磁界を印加しながら順次積層した。強磁性複合層の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向される。つぎに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターンニングを行い、さらに、永久磁石膜(CoCrPt膜)80を積層して、所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nbを積層、加工し電極90とした。さらに、その上に磁気ギャップ形成用絶縁膜( $Al_2O_3$ 膜)100、上部シールド膜(NiFe膜)110を積層し所望の形状に加工して磁気ヘッドとした。電極間隔Twは $0.5 \mu m$ 、素子高さhMRは $0.4 \mu m$ とした。

20

## 【0028】

本実施例においても、強磁性複合層50は、実効的な保磁力が大きく、自動ピン止め型の固定層を形成して、安定に動作することが確かめられた。再生出力は従来の約1.5倍と大きく、しかも静電耐圧、Asym.ともに良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

30

## 【0029】

## [実施例3]

本発明による別の巨大磁気抵抗効果型ヘッドの断面図を図2に示す。基板5上に、下部シールド膜(NiFe膜)10、磁気ギャップ形成用絶縁膜( $Al_2O_3$ 膜)20を形成した後、磁気抵抗効果膜30を形成した。磁気抵抗効果膜30としては、第1の強磁性複合層(固定層)50、Cu40、自由強磁性層(NiFeCo)35、Cu40、第2の強磁性複合層(固定層)60を順次積層した。ここで、第1の強磁性複合層(固定層)50として、Co51(20)、Ru52(6)、Co53(30)を図中の矢印200の方向に磁界を印加しながら順次積層した。強磁性複合層50の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向される。Co51とCo53は反強磁性的に強く結合されるので、図中に示す磁化方向となる。この場合、強磁性複合層50は、実効的な保磁力が大きく、自動ピン止め型の固定層を形成している。同様に、第2の強磁性複合層(固定層)60として、Co61(20)、Ru62(6)、Co63(30)を、図中の矢印201の方向に磁界を印加しながら順次積層した。強磁性複合層60の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向され、図中に示す磁化方向となる。強磁性複合層50と同様、強磁性複合層60も、自動ピン止め型の固定層を形成している。この場合、第1の強磁性複合層の実効的な磁気モーメントと第2の強磁性複合層の実効的な磁気モーメントの方向は反平行であり、自由層に印加される強磁性複合層からの磁界は相互に打ち消

40

50

される。

#### 【0030】

つぎに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターニングを行い、さらに、永久磁石膜（CoCrPt膜）80を積層して、所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nbを積層、加工し電極90とした。さらに、その上に磁気ギャップ形成用絶縁膜（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜）100、上部シールド膜（NiFe膜）110を積層し所望の形状に加工して磁気ヘッドとした。電極間隔Twは0.5μm、素子高さhMRは0.4μmとした。

#### 【0031】

本実施例においても、再生出力は従来の約1.5倍と大きく、静電耐圧、Asym.ともに良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

10

#### 【0032】

さらに、本実施例と同様の構造で、第1および第2の強磁性複合層のなかのCoの膜厚を変えることにより、強磁性複合層の実効的な磁気モーメントが異なる巨大磁気抵抗効果ヘッドを作製した。第1の強磁性複合層と第2の強磁性複合層の実効的な磁気モーメントの方向を同じとした場合、第1および第2の強磁性複合層の2枚のCoの膜厚をほぼ同一として強磁性複合層の実効的な磁気モーメントをほぼゼロとした場合、どちらか一方の強磁性複合層の実効的な磁気モーメントをほぼゼロとした場合を作製した結果、いずれの場合も、再生出力が高く、静電耐圧、Asym.ともに良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

#### 【0033】

20

#### 〔実施例4〕

本発明による別の巨大磁気抵抗効果型ヘッドの断面図を図3に示す。基板5上に、下部シールド膜（NiFe膜）10、磁気ギャップ形成用絶縁膜（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜）20を形成した後、磁気抵抗効果膜30を形成した。磁気抵抗効果膜30としては、強磁性複合層（固定層）50、Cu40、自由強磁性層（NiFeCo）35、Cu40、固定強磁性層（CoFe）65、反強磁性層（CrMnPt）70を順次積層した。ここで、強磁性複合層（固定層）50として、Co51（20）、Ru52（6）、Co53（35）を、図中の矢印200の方向に磁界を印加しながら順次積層した。強磁性複合層50の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向される。また、Co51とCo53は反強磁性的に強く結合され、自動ピン止め型の固定層を形成する。つぎに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターニングを行い、さらに、永久磁石膜（CoCrPt膜）80を積層して、所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nbを積層、加工し電極90とした。さらに、その上に磁気ギャップ形成用絶縁膜（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜）100、上部シールド膜（NiFe膜）110を積層し所望の形状に加工して磁気ヘッドとした。電極間隔Twは0.5μm、素子高さhMRは0.4μmとした。本実施例では、矢印55で示す磁化方向となるように固定強磁性層65を着磁したが、180度逆方向に着磁してもよい。

30

#### 【0034】

本実施例においても、再生出力は従来の約1.5倍と大きく、静電耐圧、Asym.ともに良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

#### 【0035】

40

さらに、本実施例と同様の構造で、強磁性複合層50の実効的な磁気モーメントがほぼゼロとなるように、強磁性複合層の膜厚をCo20、Ru6、Co25とした巨大磁気抵抗効果ヘッドを作製した。この場合も再生出力が高く、静電耐圧、Asym.ともに良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

#### 【0036】

#### 〔実施例5〕

本発明による別の巨大磁気抵抗効果型ヘッドの断面図を図4に示す。基板5上に、下部シールド膜（NiFe膜）10、磁気ギャップ形成用絶縁膜（Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜）20を形成した後、磁気抵抗効果膜30を形成した。磁気抵抗効果膜30としては、反強磁性層（CrMnPt）70、固定強磁性層（CoFe）65、Cu40、自由強磁性層（NiFeCo）35、

50

Cu40、強磁性複合層（固定層）50を順次積層した。ここで、強磁性複合層（固定層）50として、Co51（35）、Ru52（6）、Co53（20）を、図中の矢印200の方向に磁界を印加しながら順次積層した。強磁性複合層50の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向される。また、Co51とCo53は反強磁性的に強く結合され、自動ピン止め型の固定層を形成する。つぎに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターニングを行い、さらに、永久磁石膜（CoCrPt膜）80を積層して、所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nbを積層、加工し電極90とした。さらに、その上に磁気ギャップ形成用絶縁膜（ $Al_2O_3$ 膜）100、上部シールド膜（NiFe膜）110を積層し所望の形状に加工して磁気ヘッドとした。電極間隔 $T_w$ は0.5 $\mu m$ 、素子高さhMRは0.4 $\mu m$ とした。本実施例においても、矢印55で示す磁化方向となるように固定強磁性層65を着磁したが、180度逆方向に着磁してもよい。また、強磁性複合層50は、実効的な保磁力が大きく、自動ピン止め型の固定層を形成している。

10

## 【0037】

本実施例においても、再生出力は従来の約1.5倍と大きく、静電耐圧、Asym.ともに良好である。

## 【0038】

さらに、本実施例と同様の構造で、強磁性複合層50の実効的な磁気モーメントがほぼゼロとなるように、強磁性複合層の膜厚をCo25、Ru6、Co20とした巨大磁気抵抗効果ヘッドを作製した。この場合も再生出力が高く、静電耐圧、Asym.ともに良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

20

## 【0039】

## [実施例6]

本発明による別の実施例として、別な反強磁性層を有する巨大磁気抵抗効果型ヘッドを作製した。実施例4と同様に、基板上に、下部シールド膜（NiFe膜）5、磁気ギャップ形成用絶縁膜（ $Al_2O_3$ 膜）10を形成した後、磁気抵抗効果膜30を形成した。磁気抵抗効果膜30としては、強磁性複合層（固定層）50、Cu40、自由強磁性層（NiFeCo）35、Cu40、固定強磁性層（CoFe）65、反強磁性層（PtMn）70を順次積層した。ここで、強磁性複合層（固定層）50として、Co51（20）、Ru52（6）、Co53（35）を、順次積層した。強磁性複合層50の磁化容易方向は印加磁界のために、紙面と垂直に配向される。また、Co51とCo53は反強磁性的に強く結合され、自動ピン止め型の固定層を形成する。つぎに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターニングを行い、さらに、永久磁石膜（CoCrPt膜）を積層して、所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nbを積層、加工し電極とした。さらに、その上に磁気ギャップ形成用絶縁膜（ $Al_2O_3$ 膜）、上部シールド膜（NiFe膜）を積層し所望の形状に加工して磁気ヘッドとした。本実施例の巨大磁気抵抗効果ヘッドにおいても、再生出力も従来の約1.5倍と大きく、Asym.が良好でしかも静電耐圧が良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができた。

30

## 【0040】

## [実施例7]

本発明の磁気抵抗効果素子を再生用ヘッドに用い、従来公知の誘導型薄膜ヘッドを記録用ヘッドとして用いる薄膜磁気ヘッドを作製した。図5に、本実施例による記録再生分離型ヘッドの一部分を切断した斜視図を示す。 $Al_2O_3 \cdot TiC$ を主成分とする焼結体をスライダ用の基板5として、下部シールド膜10および、磁気ギャップ形成用絶縁膜（ $Al_2O_3$ 膜）を作製した。その上に磁気抵抗効果膜30として、第1の自由強磁性層（NiFeCo）、Cu、強磁性複合層（自動ピン止め型固定層）、Cu、第2の自由強磁性層（NiFeCo）を順次積層した。ここで、強磁性複合層（自動ピン止め型固定層）として、Co（20）、Ru（6）、Co（35）、Ru（6）、Co（20）を順次積層した。さらに、有機レジスト膜を積層した後、所望の形状にパターニングを行った。さらに、永久磁石膜（CoCrPt膜）を積層し所望の形状に加工した後、Nb/Au/Nb90を積層、加工して電極とした。その上に、磁気ギャップ形成膜（ $Al_2$

40

50



O<sub>3</sub>膜)、磁気シールド膜(NiFe膜)110を形成した。以上の部分が再生ヘッドとして働く。

【0041】

次に、磁気記録用ヘッドとして、上部磁極120およびコイル130からなる誘導型薄膜ヘッドを形成した。上部磁極120には、スパッタリング法で形成した膜厚3.0μmのNi-20at%Fe合金を用いた。上部シールド膜110および上部磁極120の間のギャップには、スパッタリング法で形成した膜厚0.2μmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を用いた。コイル130には、膜厚3.0μmのCuを使用した。下部磁極110と上部磁極120は磁氣的に結合して磁気回路を構成し、コイル130はその磁気回路に鎖交している。

【0042】

10

本発明による薄膜磁気ヘッドも従来のヘッドに比べて、再生出力が従来の1.5倍以上と高く、しかも、Asym.のhMR依存性が小さく再生波形の上下対称性が良好であることを確認した。

【0043】

[実施例8]

前記実施例で述べた本発明による磁気ヘッドを用い、磁気ディスク装置を作製した。図6に磁気ディスク装置の構造の概略を示す。

【0044】

磁気記録媒体140には、残留磁束密度0.45TのCo-Ni-Pt-Ta系合金からなる材料を用いた。磁気記録媒体140は駆動部150によって回転駆動される。磁気ヘッド160は、駆動部170によって回転駆動されて磁気記録媒体140上のトラックを選択できる。磁気ヘッド160による記録再生信号は記録再生信号処理系180で処理される。

20

【0045】

磁気ヘッド160に用いた磁気抵抗効果ヘッドは、従来の構造の磁気抵抗効果ヘッドより、再生出力が高く、再生波形の上下対称性も良好なため、さらにトラック幅が狭く、記録密度の高い磁気ディスク装置を作製することができる。

【0046】

【発明の効果】

本発明によると、再生出力が高くしかも、再生波形の上下非対称性および静電耐圧が良好な巨大磁気抵抗効果ヘッドを得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による巨大磁気抵抗効果ヘッドの断面図。

【図2】本発明による他の実施例による巨大磁気抵抗効果ヘッドの断面図。

【図3】本発明による他の実施例による巨大磁気抵抗効果ヘッドの断面図。

【図4】本発明による他の実施例による巨大磁気抵抗効果ヘッドの断面図。

【図5】本発明の巨大磁気抵抗効果ヘッドを用いた薄膜磁気ヘッドの構造を示す斜視図。

【図6】記録再生装置の概略。

【図7】従来の巨大磁気抵抗効果ヘッドの断面図。

【図8】複合膜固定層を有する従来の巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける、磁気抵抗効果膜の断面図。

40

【図9】複合膜固定層を有する従来の巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける、磁気抵抗効果膜の断面図。

【図10】従来のデュアルスピバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける、磁気抵抗効果膜の断面図。

【図11】従来のデュアルスピバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける、磁気抵抗効果膜の断面図。

【図12】従来のデュアルスピバルブ型巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける、磁気抵抗効果膜の断面図。

【図13】本発明の実施例の巨大磁気抵抗効果ヘッドにおける、規格化再生出力および再生

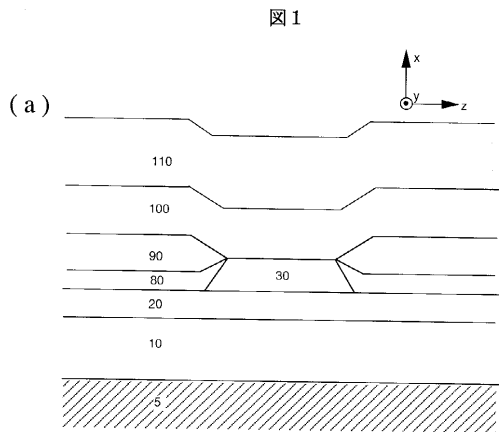
50

波形の上下非対称性の素子高さ依存性。

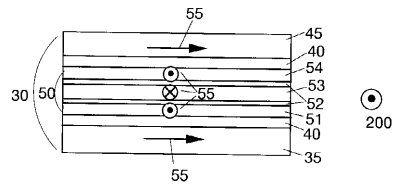
【符号の説明】

5 ... 基板	
1 0 ... 下部シールド膜	
2 0 ... 下部磁気ギャップ形成用絶縁膜	
3 0 ... 巨大磁気抵抗効果 ( G M R ) 膜	
3 5 ... 第 1 の自由強磁性膜	
4 0 ... C u	
4 5 ... 第 2 の自由強磁性膜	
5 0 ... 強磁性複合層 ( 固定層 )	10
5 1 ... 強磁性複合層の第 1 の強磁性膜	
5 2 ... 強磁性複合層の非磁性層	
5 3 ... 強磁性複合層の第 2 の強磁性膜	
5 4 ... 強磁性複合層の第 3 の強磁性膜	
5 5 ... 磁化の方向	
6 0 ... 第 2 の強磁性複合層 ( 固定層 )	
6 1 ... 第 2 の強磁性複合層の第 1 の強磁性膜	
6 2 ... 第 2 の強磁性複合層の非磁性層	
6 3 ... 第 2 の強磁性複合層の第 2 の強磁性膜	
6 5 ... 固定強磁性層	20
7 0 ... 反強磁性層	
7 1 ... 第 2 の反強磁性層	
8 0 ... 永久磁石膜	
9 0 ... 電極	
1 0 0 ... 上部磁気ギャップ形成用絶縁膜	
1 1 0 ... 上部シールド膜	
1 2 0 ... 記録ヘッド用上部磁極	
1 3 0 ... コイル	
1 4 0 ... 磁気記録媒体	
1 5 0 ... 磁気記録媒体駆動部	30
1 6 0 ... 磁気ヘッド	
1 7 0 ... 磁気ヘッド駆動部	
1 8 0 ... 記録再生信号処理系	
2 0 0 ... 製膜時磁界印加方向	
2 0 1 ... 製膜時磁界印加方向。	

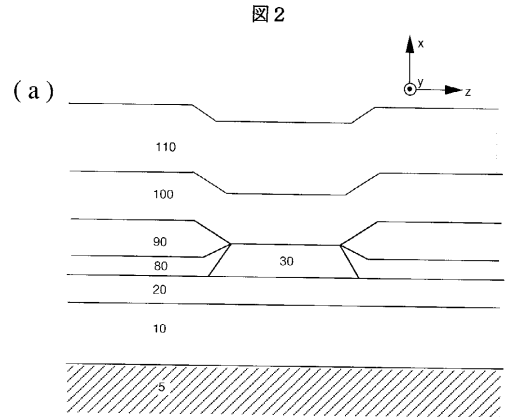
【図 1】



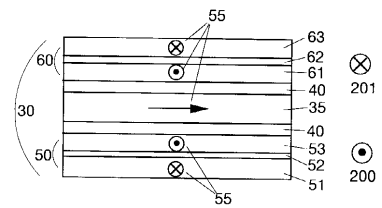
(b)



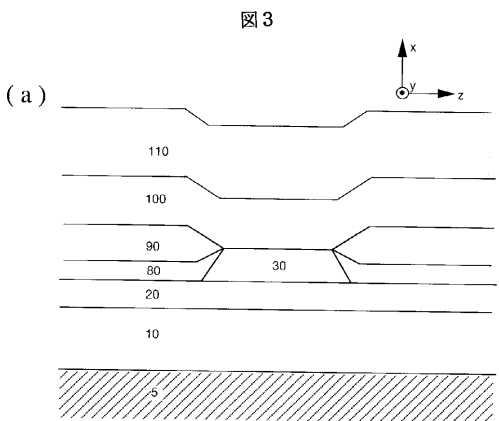
【図 2】



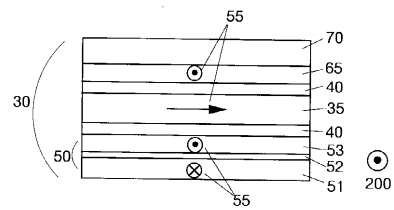
(b)



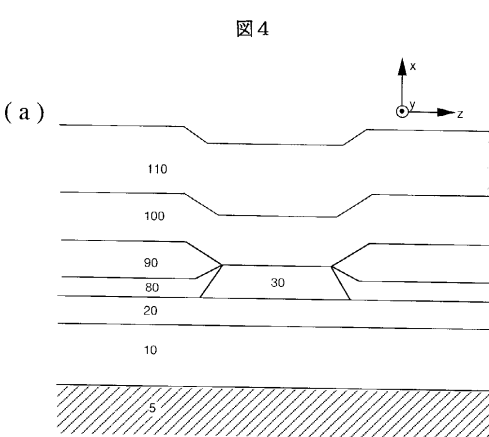
【図 3】



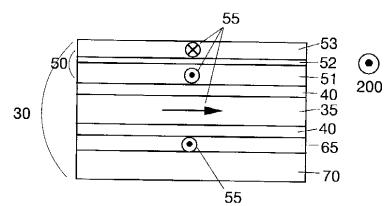
(b)



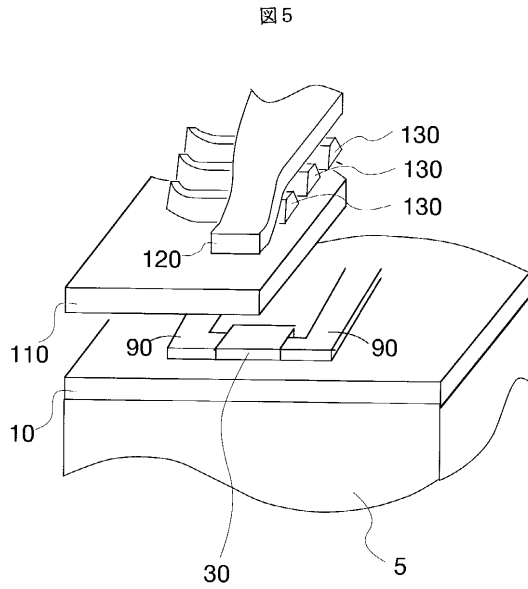
【図 4】



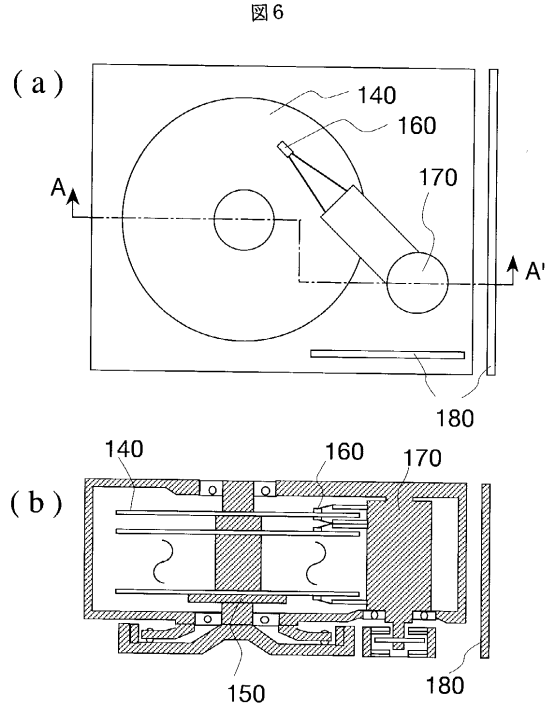
(b)



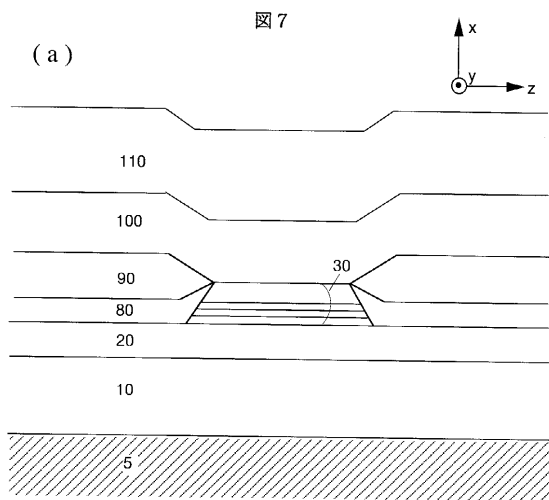
【 図 5 】



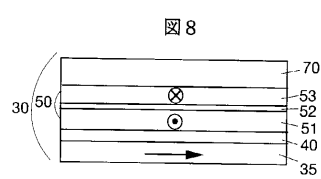
【 図 6 】



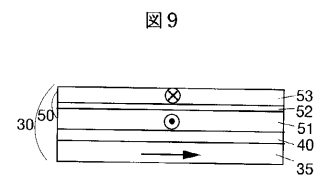
【 図 7 】



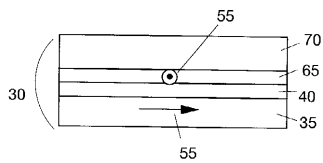
【 図 8 】



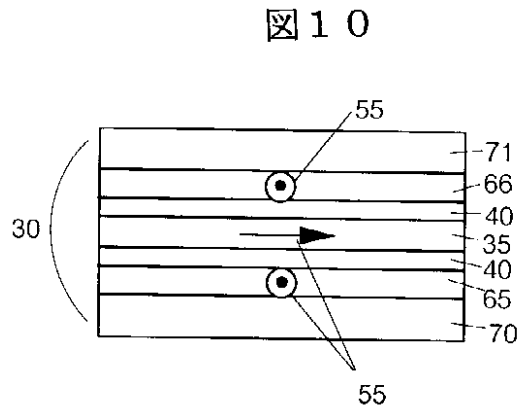
【 図 9 】



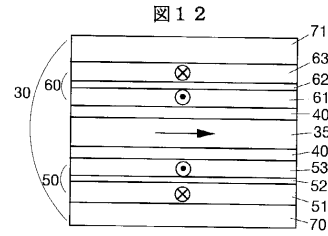
(b)



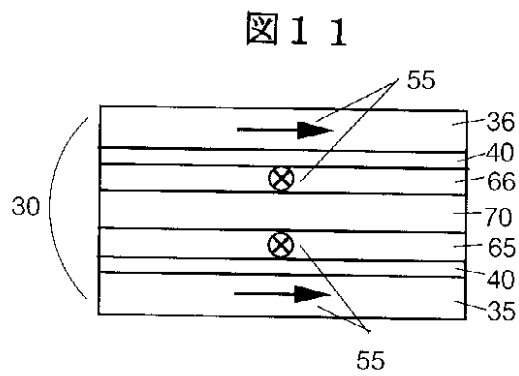
【図 1 0】



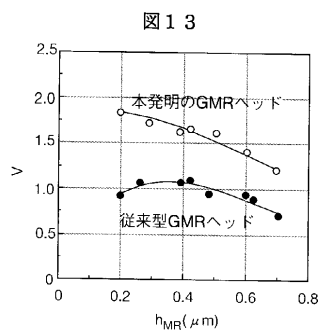
【図 1 2】



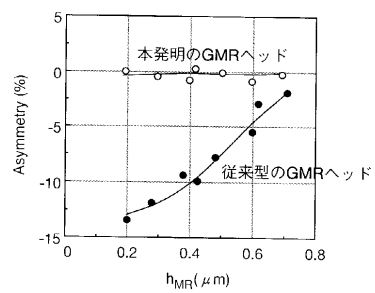
【図 1 1】



【図 1 3】



(a) 規格化再生出力



(b) 再生波形の上下非対称性

---

フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 良夫

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 富澤 哲生

(56)参考文献 特開平11-134621(JP,A)

特開平08-007235(JP,A)

特開平07-225925(JP,A)

特開平05-347013(JP,A)

特開平11-053716(JP,A)

特開平06-223336(JP,A)

斎藤正路, Co/Ru/Co積層フェリ固定磁性層を用いたPtMnデュアルスピンバルブ膜, 日本応用磁気学会学会術講演概要集, 日本, 日本応用磁気学会, 1998年 9月, Vol.22, p.309

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G11B 5/39

H01L 43/08