(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2004-103806
(P2004-103806A)
(43)公開日　平成16年4月2日(2004.4.2)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
H01L 43/08	H01L 43/08	Z	5D034
G11B 5/39	G11B 5/39		

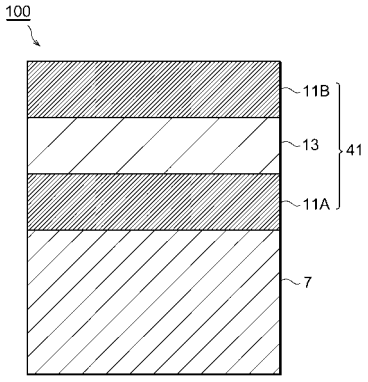
審査請求 有　請求項の数 8　OL　（全 17 頁）

(21)出願番号　特願2002-263199(P2002-263199)
(22)出願日　平成14年9月9日(2002.9.9)

(71)出願人　000003067
ＴＤＫ株式会社
東京都中央区日本橋１丁目１３番１号
(74)代理人　100088155
弁理士　長谷川　芳樹
(74)代理人　100092657
弁理士　寺崎　史朗
(74)代理人　100108213
弁理士　阿部　豊隆
(72)発明者　島沢　幸司
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　土屋　芳弘
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】交換結合膜、スピンバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気記録再生装置

(57)【要約】
【課題】従来よりも膜厚を薄くすることが可能でかつ十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜、これを用いたスピンバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置を提供する。
【解決手段】体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層１３と面心立方構造を有する強磁性材料を含み前記第一強磁性層の両面に各々形成された一対の第二強磁性層１１Ａ，１１Ｂとを備える強磁性層積層体４１と、不規則合金を含み一方の前記第二強磁性層上に形成された反強磁性層７と、を有する交換結合膜１００を用いる。反強磁性層７の厚みを従来より薄くしても十分な交換結合エネルギーが発現するので、交換結合膜１００の厚みを薄くできる。
【選択図】　図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
反強磁性層と強磁性層積層体とが積層され、前記強磁性層積層体の磁化の方向が固定される交換結合膜であって、
前記強磁性層積層体は、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層と、面心立方構造を有する強磁性材料を含み前記第一強磁性層の両面に各々形成された一対の第二強磁性層と、を備え、
前記反強磁性層は、不規則合金を含み、一方の前記第二強磁性層と接することを特徴とする交換結合膜。
【請求項２】
前記強磁性層積層体は、さらに、他方の前記第二強磁性層を挟んで前記反強磁性層と反対側に、非磁性介在層を介して第三強磁性層を備えることを特徴とする、請求項１に記載の交換結合膜。
【請求項３】
請求項１又は２に記載の交換結合膜と、前記交換結合膜の前記強磁性層積層体に積層された非磁性導電層と、前記非磁性導電層に積層され強磁性材料を含むフリー層と、を備えることを特徴とするスピンバルブ膜。
【請求項４】
請求項３に記載のスピンバルブ膜と、前記スピンバルブ膜を前記スピンバルブ膜の積層方向の両側から挟む位置に配置され軟磁性材料を含む一対の磁気シールド層と、を備えることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。
【請求項５】
前記スピンバルブ膜と電気的に接続され前記スピンバルブ膜の膜面に平行に電流を流すための一対の電極層を備えることを特徴とする、請求項４に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項６】
前記スピンバルブ膜と電気的に接続され前記スピンバルブ膜の膜面に垂直に電流を流すための一対の電極層を備えることを特徴とする、請求項４に記載の薄膜磁気ヘッド。
【請求項７】
請求項４～６の何れか一項に記載の薄膜磁気ヘッドと、前記薄膜磁気ヘッドを支持するヘッド支持装置と、を備えることを特徴とする、磁気ヘッド装置。
【請求項８】
請求項７に記載の磁気ヘッド装置と、前記磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッドと協働して磁気記録再生を行う磁気記録媒体と、を備えることを特徴とする、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、強磁性層と反強磁性層とを含む交換結合膜、これを用いたスピンバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、薄膜磁気ヘッドとして、反強磁性層、強磁性層、非磁性導電層及び強磁性層を順次積層してなるスピンバルブ膜を備えた薄膜磁気ヘッドが知られている（例えば、特許文献１、特許文献２参照）。このような薄膜磁気ヘッドにおいては反強磁性層と強磁性層との交換結合により反強磁性層と接する強磁性層の磁化の方向が固定されている。薄膜磁気ヘッドの信頼性を向上させるためには、反強磁性層及びこの反強磁性層と交換結合する強磁性層を含む交換結合膜の交換結合エネルギーが十分高いことが必要とされる。
【０００３】
交換結合膜としては、ＰｔＭｎ層とＣｏＦｅ層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献３参照）や、ＮｉＭｎ層とＣｏＦｅ層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献４、特許文献５参照）、ＩｒＭｎ層とＣｏＦｅ層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献６参照

）、ＲｕＲｈＭｎ層とＮｉＦｅ層とを用いた交換結合膜（例えば、特許文献７参照）等が知られている。

【０００４】

また、交換結合膜における強磁性層を強磁性層／非磁性金属介在層／強磁性層の三層構造の強磁性層積層体とすることにより、二つの強磁性層間に反強磁性的な交換結合を与え、反強磁性層から強磁性層積層体への交換結合力を実効的に増大させた交換結合膜が知られている（例えば、特許文献８参照）。

【０００５】

さらに、交換結合膜における反強磁性層と強磁性層との間にマッチング強磁性層を挿入することにより交換結合を増大させる方法が開示されている（例えば、特許文献９参照）。

【０００６】

【特許文献１】

特公平８－２１１６６号公報

【特許文献２】

特開平６－２３６５２７号公報

【特許文献３】

特開平９－１４７３２５号公報

【特許文献４】

特開平９－６３０２１号公報

【特許文献５】

特開平９－５０６１１号公報

【特許文献６】

特開平９－１４８１３２号公報

【特許文献７】

特開平１０－２４２５４４号公報

【特許文献８】

特開２０００－１３７９０６号公報

【特許文献９】

特開平９－８２５２４号公報

【発明が解決しようとする課題】

ところで、薄膜磁気ヘッドにおいては、より高密度に情報が記録された磁気記録媒体からの読み出しが求められており、このためには薄膜磁気ヘッドにおいてスピンバルブ膜を挟む位置に配置される一対の磁気シールド層間のギャップを狭くする、いわゆる狭ギャップ化が必要となる。

【０００７】

磁気シールド層間に配置される層の内、絶縁層を現状以上に薄膜化することは難しく、スピンバルブ膜の厚みを薄くすることが必要となる。そして、スピンバルブ膜を薄くするにはスピンバルブ膜において他の層に比して膜厚が大きい、反強磁性層の膜厚を薄くすることが効果的である。しかしながら、従来の交換結合膜において反強磁性層の厚みを従来より薄くすると、十分な交換結合エネルギーを得られないという問題がある。

【０００８】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、従来よりも膜厚を薄くすることが可能でかつ十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜、これを用いたスピンバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは鋭意検討した結果、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層と、面心立方構造を有する強磁性材料を含み前記第一強磁性層の両面に各々積層された一対の第二強磁性層と、を含む強磁性層積層体と、不規則合金を含み一方の第二強磁性層と接する反強磁性層とを採用する交換結合膜によれば、反強磁性層を従来より薄くしても十分

な交換結合エネルギーが得られることを見出し、本発明を想到するに至った。

【００１０】

本発明に係る交換結合膜は、反強磁性層と強磁性層積層体とが積層され、強磁性層積層体の磁化の方向が固定される交換結合膜であって、強磁性層積層体は、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層と、面心立方構造を有する強磁性材料を含み第一強磁性層の両面に各々形成された一対の第二強磁性層と、を備え、反強磁性層は、不規則合金を含み、一方の第二強磁性層と接することを特徴とする。

【００１１】

本発明の交換結合膜によれば、強磁性層積層体の磁化の方向が反強磁性層との交換結合により固定される。このとき、反強磁性層の厚みを従来より薄くしても十分な交換結合エネルギーが発現して、強磁性層積層体の磁化の方向が十分に固定されるので、交換結合膜の厚みを従来より薄くできる。

【００１２】

ここで、上記交換結合膜において、強磁性層積層体は、さらに、他方の第二強磁性層を挟んで反強磁性層と反対側に、非磁性介在層を介して第三強磁性層を備えることが好ましい。

【００１３】

これにより、強磁性層積層体において、第一強磁性層及びこの第一強磁性体を挟む一対の第二強磁性層と、第三強磁性層とが、非磁性介在層を介して反強磁性的に交換結合するので、反強磁性層が強磁性層積層体の磁化の方向を固定する力が実効的に増大する。また、閉じた磁界が形成されるので強磁性層構造体からの磁界の漏洩が低減される。

【００１４】

本発明に係るスピンバルブ膜は、上述の交換結合膜と、交換結合膜の強磁性層積層体に積層された非磁性導電層と、非磁性導電層に積層され強磁性材料を含むフリー層と、を有することを特徴とする。

【００１５】

本発明のスピンバルブ膜によれば、上記の交換結合膜を採用するので強磁性層積層体の磁化の方向を十分に固定させつつスピンバルブ膜の厚みを薄くできる。

【００１６】

本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、上記のスピンバルブ膜と、スピンバルブ膜をスピンバルブ膜の積層方向の両側から挟む位置に配置され軟磁性材料を含む一対の磁気シールド層と、を備えることを特徴とする。

【００１７】

本発明の薄膜磁気ヘッドによれば、上述の交換結合膜を有するのでスピンバルブ膜の膜厚を薄くできる。このため、スピンバルブ膜を挟む一対の磁気シールド層間のギャップを狭くでき、より高密度に磁気情報が記録された媒体からの漏洩磁界の検出が可能となる。

【００１８】

ここで、上記薄膜磁気ヘッドにおいて、スピンバルブ膜と電気的に接続されスピンバルブ膜の膜面に平行に電流を流すための一対の電極層を備えることができる。

【００１９】

このような、いわゆるＣＩＰ型の薄膜磁気ヘッドでは、上述の交換結合膜を有することによって反強磁性層の厚みが薄くなると、スピンバルブ膜を流れる電流の内、反強磁性層に流れる電流の分流比が少なくされ、薄膜磁気ヘッドのＭＲ比が向上される。

【００２０】

また、上記薄膜磁気ヘッドにおいて、スピンバルブ膜と電気的に接続されスピンバルブ膜の膜面に垂直に電流を流すための一対の電極層を備えることもできる。

【００２１】

このような、いわゆるＣＰＰ型の薄膜磁気ヘッドでは、上述の交換結合膜を有して反強磁性層の厚みが薄くなると、スピンバルブ膜を流れる電流が反強磁性層を流れる際の抵抗が少なくなるので、薄膜磁気ヘッドのＭＲ比が向上される。

【００２２】
本発明に係る磁気ヘッド装置は、上記の薄膜磁気ヘッドと、薄膜磁気ヘッドを支持するヘッド支持装置と、を備えることを特徴とする。
【００２３】
本発明に係る磁気記録再生装置は、上記の磁気ヘッド装置と、磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッドと協働して磁気記録再生を行う磁気記録媒体と、を備えることを特徴とする。
【００２４】
このような磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置によれば、上述の薄膜磁気ヘッドを備えるので、記録密度を向上させることが可能となる。
【００２５】
【発明の実施の形態】
以下、添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において、同一または相当要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。
【００２６】
まず、図１を参照して、本発明の実施形態に係る交換結合膜について説明する。本実施形態に係る交換結合膜１００は、不規則合金構造を有する反強磁性層７と、反強磁性層７の上に積層された強磁性層積層体４１と、を有している。
【００２７】
強磁性層積層体４１は、体心立方構造（ＢＣＣ）を有する強磁性材料を含む第一強磁性層１３と、面心立方構造（ＦＣＣ）を有する強磁性材料を含み第一強磁性層１３の両面に各々形成された第二強磁性層１１Ａ、第二強磁性層１１Ｂと、を備えている。第二強磁性層１１Ａが反強磁性層７と接している。
【００２８】
第一強磁性層１３としては、体心立方構造を有する、Ｆｅや鉄リッチ合金を使用することが好ましい。鉄リッチ合金としては、例えば鉄を９５％含むＦｅ$_{95}$Ｔａや、鉄を９０％含むＦｅ$_{90}$Ｃｏ、鉄を５０％含むＦｅ$_{50}$Ｃｏ等が使用できる。
【００２９】
第二強磁性層１１Ａ、第二強磁性層１１Ｂとしては、面心立方構造を有する強磁性材料が利用でき、例えば、Ｃｏや、コバルトを９０％含むＣｏ$_{90}$Ｆｅや、ニッケルを８０％含むＮｉ$_{80}$Ｆｅ等が利用できる。
【００３０】
反強磁性層７は、不規則合金構造を有する反強磁性材料であり、例えば、γ－Ｍｎ系の構造を有する合金が使用でき、ＩｒＭｎ、ＲｕＲｈＭｎ、ＦｅＭｎ、ＲｕＭｎ等の合金が好ましい。これらの合金の組成としては、例えば、ＩｒＭｎ$_{80}$、ＦｅＭｎ$_{80}$，ＲｕＲｈＭｎ$_{80}$、ＲｕＭｎ$_{80}$等が利用できる。
【００３１】
この反強磁性層７は、強磁性層積層体４１の一方の第二強磁性層１１Ａと接するように形成されている。第二強磁性層１１Ａと反強磁性層７との界面に交換結合磁界が発生し、これによって強磁性層積層体４１の磁化の向きが固定される。
【００３２】
なお、第二強磁性層１１Ｂ上に非磁性層を介して第３強磁性層を積層し、第一強磁性層１３及び第二強磁性層１１Ａ，１１Ｂと、第３強磁性層とを非磁性層を介して反強磁性的に交換結合させる、いわゆる、シンセティック構造としてもよい。この場合には、反強磁性層７による強磁性層積層体４１の磁化の方向の固定力が実効的に増大する。
【００３３】
このような交換結合膜は、図示しない基板上に、反強磁性層７、第二強磁性層１１Ａ、第一強磁性層１３及び第二強磁性層１１Ｂを、この順あるいは逆の順にスパッタリング等により成膜することにより容易に得られる。
【００３４】

本実施形態における交換結合膜によれば、反強磁性層の膜厚を従来より薄くしても十分高い交換結合エネルギーが得られ、交換結合膜の膜厚を薄くできる。

【００３５】

なお、第一強磁性層１３、第二強磁性層１１Ａ、第二強磁性層１１Ｂの膜厚は、特に限定されないが、第一強磁性層１３を０．５～３ｎｍ程度とすることが好ましく、第二強磁性層１１Ａ、１１Ｂを０．５～１．５ｎｍ程度とすることが好ましい。また、反強磁性層７の厚みも特に限定されないが、５ｎｍ～１０ｎｍ程度とすることが好ましい。

【００３６】

ここで、本実施形態に係る交換結合膜の交換結合エネルギー等の特性を確認した。

【００３７】

（実施例１～４）

Al_2O_3の下地膜を有するＡｌＴｉＣ等の基板上に、下地層として５ｎｍのＴａを積層した後、面心立方構造を有する第二強磁性層Ａ、体心立方構造を有する第一強磁性層、面心立方構造を有する第二強磁性層Ｂを順次積層して強磁性層積層体を形成し、さらに、第二強磁性層Ｂ上に不規則合金である反強磁性層を形成し、さらにその上にキャップ層として５ｎｍのＴａを形成して交換結合膜を得た。各層の形成はスパッタリング法によって行った。

【００３８】

図２の表に示すように、強磁性層積層体の膜構成は、各実施例とも、第二強磁性層Ａ／第一強磁性層／第二強磁性層Ｂの順に、$Co_{90}Fe$を０．５ｎｍ、$Fe_{95}Ta$を３ｎｍ、$Co_{90}Fe$を０．５ｎｍとした。また、反強磁性層としては$Ir_{20}Mn_{80}$を用い、膜厚を、実施例１～４の順に、１０，９，７，５ｎｍとした。なお、図２において、第二強磁性層Ｂが反強磁性層と接している。

【００３９】

（実施例５～７）

反強磁性層としてＩｒＭｎに代えて他の不規則合金である$RuRhMn_{80}$を用い、その厚みを実施例５～７の順に１１，９，７ｎｍとする以外は実施例１と同様にして実施例５～７の交換結合膜を得た。

【００４０】

（実施例８）

強磁性層積層体の膜構成を、第二強磁性層Ａ／第一強磁性層／第二強磁性層Ｂの順に、１ｎｍの$Co_{90}Fe$、２ｎｍの$Fe_{50}Co$、１ｎｍの$Co_{90}Fe$とする以外は実施例４と同様にして、実施例８の交換結合膜を得た。

【００４１】

（比較例１～６）

強磁性層積層体を３ｎｍの$Co_{90}Fe$の単層とする以外は実施例１、実施例４と同様にして比較例１、比較例２の交換結合膜を得た。また、強磁性層積層体を２ｎｍの$Co_{90}Fe$の単層とする以外は実施例１、実施例４と同様にして比較例３、比較例４の交換結合膜を得た。

【００４２】

（比較例５）

強磁性層積層体として、２ｎｍの$Co_{90}Fe$と、２ｎｍの$Fe_{95}Ta$とからなる２層の強磁性層積層体を用い、ＦｅＴａ層の上に$Ir_{20}Mn_{80}$を積層する以外は実施例１と同様にして比較例５の交換結合膜を得た。

【００４３】

（比較例６～８）

反強磁性層として、規則合金であるＰｔＭｎを、比較例６～８の順に、１５，１３，１０ｎｍ積層する以外は、実施例１と同様にして比較例６～８の交換結合膜を得た。

【００４４】

（比較例９、１０）

強磁性層積層体として３ｎｍのＣｏ$_{90}$Ｆｅの単層とし、反強磁性層として規則合金であるＰｔＭｎを比較例９、１０の順に１５，５ｎｍとして比較例９，１０の交換結合膜を得た。

【００４５】

（参考例１）

強磁性層積層体として、２ｎｍのＣｏ$_{90}$Ｆｅと２ｎｍのＦｅ$_{50}$Ｃｏの２層の積層体とし、Ｆｅ$_{50}$Ｃｏ層にＩｒＭｎ$_{80}$を積層した交換結合膜を得た。

【００４６】

このようにして得られた交換結合膜の磁化容易軸方向の磁化曲線を測定した。得られた磁化曲線の典型例を図３に示す。反強磁性層との交換結合により強磁性層積層体の磁化曲線が原点０からシフトしており、このシフト量を交換結合磁界Ｈｅｘとして求めると共に、ヒステリシスのループの横幅Ｈｃｐを求めた。また、交換結合磁界Ｈｅｘに基づいて、各々の交換結合膜の交換結合エネルギーＪｋを求めた。ここでは、強磁性層積層体の厚みを飽和磁化Ｍｓ$_0$のＣｏ$_{90}$Ｆｅ層として換算したＣｏＦｅ換算厚みｔａを用い、Ｊｋ［Ｊ／ｍ^2］＝（Ｈｅｘ［Ａ／ｍ］）×（Ｍｓ$_0$［Ｗｂ／ｍ^2］）×（ｔａ［ｍ］）で概算した。これらの結果を図２の表に示す。

【００４７】

これらの結果を図２の表に示す。なお、交換結合エネルギーＪｋの計算における、ＣｏＦｅ換算厚みｔａの計算に当たっては、Ｃｏ$_{90}$Ｆｅ$_{10}$の飽和磁化Ｍｓ$_0$を１．９Ｗｂ／ｍ^2、Ｆｅ$_{95}$Ｔａの飽和磁化を１．４８Ｗｂ／ｍ^2、Ｆｅ$_{50}$Ｃｏ$_{50}$の飽和磁化を２．１８Ｗｂ／ｍ^{2}とした。

【００４８】

実施例１～４のように、体心立方構造のＦｅＴａを一対の面心立方構造のＣｏ$_{90}$Ｆｅで挟んだ強磁性層積層体と、反強磁性層として不規則合金であるＩｒＭｎを用いた交換結合膜では、反強磁性層を１０～５ｎｍにした場合において２８７μＪ／ｍ^{2}以上の交換結合エネルギーＪｋを有することがわかる。

【００４９】

また、実施例５～７のように、実施例１～４と同じ強磁性層積層体と、不規則合金であるＲｕＲｈＭｎの反強磁性層とを用いた交換結合膜でも、膜厚を７～１１ｎｍとした場合において、２３４μＪ／ｍ^{2}以上の高い交換結合エネルギーＪｋを有することがわかる。

【００５０】

さらに、実施例８のように、体心立方構造のＦｅ$_{50}$Ｃｏを一対の面心立方構造のＣｏ$_{90}$Ｆｅで挟んだ強磁性層積層体と、ＩｒＭｎの反強磁性層とからなる交換結合膜でも、反強磁性層の厚みが５ｎｍにおいて、５４５μＪ／ｍ^{2}という高い交換結合エネルギーが得られた。

【００５１】

一方、比較例１～４のように、強磁性層積層体としてＣｏ$_{90}$Ｆｅの単層を用い反強磁性層としてＩｒＭｎを用いた従来知られた交換結合膜では、反強磁性層の厚みを５～１０ｎｍにした場合１８４μＪ／ｍ^{2}を超える交換結合エネルギーＪｋを得られなかった。

【００５２】

また、比較例５のように、反強磁性層としてＩｒＭｎを用い、強磁性層積層体としてＣｏ$_{90}$Ｆｅ／ＦｅＴａを用いた２層の強磁性層積層体の場合でも十分な交換結合エネルギーＪｋを得られなかった。

【００５３】

また、比較例６～８に示すように、実施例１の強磁性層積層体と、規則合金であるＰｔＭｎとからなる構成の交換結合膜では、反強磁性層の膜厚の減少と共に交換結合エネルギーＪｋが顕著に減少し、反強磁性層の膜厚が１０ｎｍでは交換結合エネルギーＪｋが１０５μＪ／ｍ^{2}程度と低く十分でない。

【００５４】

加えて、比較例９，１０に示すように、規則合金であるＰｔＭｎとＣｏ$_{90}$Ｆｅとからな

る従来構成の交換結合膜でも、反強磁性層が１５ｎｍ程度の膜厚を有すると３６５μＪ／ｍ^{2}という十分な交換結合エネルギーを示すが、反強磁性層であるＰｔＭｎの膜厚が５ｎｍ程度にまで薄くなると交換結合エネルギーが４１．６μＪ／ｍ^{2}程度にまで低下し、十分でない。

【００５５】

以上のデータより明らかなように、体心立方構造を有する強磁性材料を含む第一強磁性層を面心立方構造を有する強磁性材料を含む一対の強磁性層で挟んだ強磁性層積層体と、不規則合金である反強磁性層とを組合せた交換結合膜によれば、反強磁性層を１０ｎｍ以下程度にまで薄くしても十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜が実現できることが確認された。

【００５６】

なお、参考例１からわかるように、$Co_{90}Fe$／$Fe_{50}Co$／ＩｒＭｎ系の交換結合膜も３３９μＪ／ｍ^{2}と比較例１等に比して高い交換結合エネルギーＪｋを示すが、実施形態８のように、$Co_{90}Fe$／$Fe_{50}Co$／$Co_{90}Fe$／ＩｒＭｎ系の交換結合膜のように、体心立方構造を有する$Fe_{50}Co$層を面心立方構造を有する$Co_{90}Fe$層で挟むことにより、さらに交換結合エネルギーＪｋが高くなる。

【００５７】

また、実施例１～８において磁化曲線のヒステリシスループの横幅Ｈｃｐは、９．２～１７ｋＡ／ｍ程度となり、特に問題はない。

【００５８】

次に、実施例１のような$Co_{90}Fe$／$Fe_{95}Ta$／$Co_{90}Fe$／$IrMn_{80}$という構成の交換結合膜と、実施例８のような$Co_{90}Fe$／$Fe_{50}Co$／$Co_{90}Fe$／$IrMn_{80}$という構成の交換結合膜と、において、強磁性層積層体を構成する３つの強磁性層の膜厚を変化させた場合の交換結合エネルギー等の変化について測定した。

【００５９】

（実施例９～１５）

強磁性層積層体の$Co_{90}Fe$／$Fe_{95}Ta$／$Co_{90}Fe$の各層の厚みを、図４の表に記載の如く変更する以外は、実施例１と同様にして実施例９～１５の交換結合膜を得た。

【００６０】

（実施例１６～２１）

強磁性層積層体の$Co_{90}Fe$／$Fe_{50}Co$／$Co_{90}Fe$の各層の厚みを、図５の表に記載の如く設定する以外は、実施例８と同様にして実施例１６～２１の交換結合膜を得た。

【００６１】

実施例９～１１よりわかるように（図４参照）、$Co_{90}Fe$／$Fe_{95}Ta$／$Co_{90}Fe$／ＩｒＭｎ系の交換結合膜では反強磁性層に接する側の第二強磁性層Ｂが厚くなると交換結合エネルギーＪｋが僅かに増加した。しかしながら、増大率は僅かであり、電流の分流損に起因する出力劣化を考慮すると、第二強磁性層Ｂの厚みは０．５～１．０ｎｍ程度とすることが好ましいと考えられる。一方、実施例８，１６，１７よりわかるように（図５参照）、$Co_{90}Fe$／$Fe_{50}Co$／$Co_{90}Fe$／ＩｒＭｎ系の交換結合膜では、第二強磁性層Ａや第二強磁性層Ｂの膜厚の変化は、交換結合エネルギーＪｋにそれほど影響を与えなかった。

【００６２】

さらに、実施例１２～１５（図４参照）、実施例１８～２１（図５参照）よりわかるように、これら二つの系の交換結合膜においては、第一強磁性層の厚みを厚くすると交換結合エネルギーＪｋが僅かに増加したが、その割合はあまり大きくなかった。

【００６３】

続いて、図６を参照して本実施形態に係るスピンバルブ膜及び薄膜磁気ヘッドＭＨ１について説明する。薄膜磁気ヘッドＭＨ１は、再生ヘッドとしての磁気検出素子ＭＤと、記録

ヘッドとしての磁界形成素子ＲＤとを備えている。磁気検出素子ＭＤは、非磁性基板１、下部磁気シールド層３、下部ギャップ層５、スピンバルブ膜４７、電極層４５、硬質磁性層３３、上部ギャップ層３９、及び上部磁気シールド層１９等を備えている。

【００６４】

非磁性基板１は、Al_2O_3－ＴｉＣ等を材料としている。下部磁気シールド層３は、ＮｉＦｅ、センダスト、ＦｅＣｏ、ＦｅＣｏＮｉ等の軟磁性体を材料とし、非磁性基板１上に成膜される。下部磁気シールド層３の厚みは０．５μｍ～４μｍに設定される。

【００６５】

下部ギャップ層５は、Al_2O_3、ＡｌＮ、SiO_2等の非磁性の絶縁体を材料とし、下部磁気シールド層３上に成膜される。下部ギャップ層５の厚みは５ｎｍ～３０ｎｍに設定される。

【００６６】

スピンバルブ膜４７はＧＭＲ（Ｇｉａｎｔ　Ｍａｇｎｅｔｏ　Ｒｅｓｉｓｔｉｖｅ）素子であって、反強磁性層７、強磁性層積層体４１、非磁性導電層２５、フリー層２７を含んでおり、下部ギャップ層５上に順に成膜されている。

【００６７】

反強磁性層７は、前述の実施形態に係る交換結合膜１００の反強磁性層７と同様であり、下部ギャップ層５上に成膜される。

【００６８】

強磁性層積層体４１は、下から順に、面心立方構造を有する材料を含む第二強磁性層１１Ａ、体心立方構造を有する材料を含む第一強磁性層１３、面心立方構造を有する材料を含む第二強磁性層１１Ｂ、非磁性介在層１５、第三強磁性層１７を備え、この順に反強磁性層７上に成膜されている。

【００６９】

第二強磁性層１１Ａ、第一強磁性層１３、第二強磁性層１１Ｂは前述の実施形態に係る交換結合膜１００のそれぞれと同様であり、ここではこれら３つを合わせて層構造体９と呼ぶ。

【００７０】

非磁性介在層１５はＲｕ等の非磁性金属層であり、第三強磁性層１７は、ＦｅＣｏ等の強磁性体である。非磁性介在層１５の厚みは、層構造体９と第三強磁性層１７とが反強磁性的に交換結合可能に設定され、例えば、０．３～１．２ｎｍ程度とされる。また、第三強磁性層１７は第二強磁性層１１Ａ，１１Ｂと同じ材料が好ましく、厚みは、層構造体９と同程度とされる。

【００７１】

そして、強磁性層積層体４１と反強磁性層７とが交換結合膜２００を形成する。

【００７２】

このような交換結合膜２００においては、前述と同様に反強磁性層７と第二強磁性層１１Ａとの界面での交換結合磁界により層構造体９の磁化の方向が一定の方向（トラック幅方向と直交する方向）に固定される。さらに、層構造体９は非磁性介在層１５を介して第三強磁性層１７と反強磁性的に交換結合して、第三強磁性層１７の磁化は層構造体９の磁化と反対方向に固定される。したがって、強磁性層積層体４１の磁化が、反強磁性層７によって、所定の方向に安定に固定されることとなる。

【００７３】

なお、強磁性層積層体４１において、層構造体９と第三強磁性層１７とが、非磁性介在層１５を介して互いに反強磁性的に交換結合するので、反強磁性層７が強磁性層積層体４１の磁化の方向を固定する力が実効的に増大し、より信頼性を高くできる。また、強磁性層積層体４１から磁化が漏洩しにくいのでさらに信頼性が向上する。

【００７４】

非磁性導電層２５は、Ｃｕ、Ｒｕ、Ｒｈ、Ｉｒ、Ａｕ、Ａｇ等の導電性の非磁性体を材料とし、第三強磁性層１７上に成膜される。非磁性導電層２５の厚みは１ｎｍ～４ｎｍに設

定される。

【００７５】

フリー層２７は、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｎｉ、ＮｉＦｅ、ＣｏＦｅ、ＣｏＺｒＮｂ、ＦｅＣｏＮｉ等の強磁性体を材料とし、非磁性導電層２５上に成膜される。フリー層２７の厚みは０．５ｎｍ～１０ｎｍに設定される。

【００７６】

なお、フリー層２７の中央部であるトラック部分２７ｂが、外部からの漏洩磁界によって磁化の方向が変化される部分として機能する。光学トラック幅は、０．１μｍ程度に設定されることとなる。

【００７７】

硬質磁性層３３は、このようなスピンバルブ膜４７を両側から挟むように配置され、フリー層２７にバイアス磁界を印加する。

【００７８】

硬質磁性層３３は、ＣｏＣｒＰｔ、ＣｏＰｔ、ＣｏＴａ等の高保磁力を有する硬質磁性体を材料とし、硬質磁性層３３、３３の間隔は、最狭位置において、０．５μｍ程度に設定されている。

【００７９】

硬質磁性層３３の下には、ＴｉＷ、Ｔａ、ＣｒＴｉ等の金属材料からなり、スピンバルブ膜４７の側面及び下部ギャップ層５上にわたって成膜される下地層３１を各々備えている。また、硬質磁性層３３の上には、Ｔａ、$Ａｌ_2Ｏ_3$等からなる保護層３５が各々形成されている。このような、下地層３１、硬質磁性層３３及び保護層３５は、スピンバルブ膜４７の成膜後に、スピンバルブ膜４７をパターニング（イオンミリング、ＲＩＥ等の手法が利用可能である）した後に成膜できる。

【００８０】

一対の電極層４５、４５は、フリー層２７でトラック部分２７ｂを挟む両側部分に各々重なるように左右に離間配置され、各々の側の保護層３５上にわたって成膜されている。この電極層４５は、例えば、Ａｕ、Ａｇ等の導電性材料からなり、スピンバルブ膜４７に対してスピンバルブ膜４７の積層方向に平行に電流（センス電流）を供給する。

【００８１】

すなわち、一方の電極層４５から供給された電子は、スピンバルブ膜４７を膜面に平行に流れて、他方の電極層４５に伝達される。なお、電流は電子とは逆方向に流れることとなる。一対の電極層４５、４５の間隔は、最狭位置において、０．１μｍ程度に設定されている。このような、薄膜磁気ヘッドは、ＣＩＰ（Ｃｕｒｒｅｎｔ　ｉｎ　Ｐｌａｎｅ）型のＧＭＲヘッドと呼ばれる。

【００８２】

電極層４５上には各々保護層３７が成膜されており、この保護層３７は$Ｔａ、Ａｌ_2Ｏ_3$等からなる。

【００８３】

上部ギャップ層３９は、$Ａｌ_2Ｏ_3$、ＡｌＮ、$ＳｉＯ_2$等の非磁性絶縁材料からなり、保護層３７及びフリー層２７のトラック部２７ｂの上面にわたって成膜される。上部ギャップ層３９の厚みは５ｎｍ～３０ｎｍに設定される。

【００８４】

上部磁気シールド層１９は、ＮｉＦｅ、センダスト、ＦｅＣｏ、ＦｅＣｏＮｉ等の軟磁性体を材料とし、上部ギャップ層３９上に成膜される。上部磁気シールド層１９の厚みは０．５μｍ～４μｍに設定される。各磁気シールド層３，１９は軟磁性材料からなるため、検出対象の磁化遷移領域からの漏洩磁界以外の漏洩磁界のスピンバルブ膜４７内部への導入を抑制する。

【００８５】

次に、スピンバルブ膜４７及び薄膜磁気ヘッドＭＨ１の機能について説明する。フリー層２７のトラック部分２７ｂの磁化は、一対の硬質磁性層３３、３３により形成されるバイ

アス磁界によって、硬質磁性層３３の磁化と同じトラック幅方向に向き単磁区化されている。そして、このフリー層２７のトラック部分２７ｂの磁化の向きは、磁気記録媒体等の磁化遷移領域からの漏洩磁界によって、すなわち磁化遷移領域がＮ極であるかＳ極であるかによって、変化する。

【００８６】

強磁性層積層体４１の磁化の向きは反強磁性層７によって固定されるので、フリー層２７のトラック部分と強磁性層積層体４１における第三強磁性層１７の磁化方向間の余弦に対応する抵抗変化により、一対の電極層４５間における電子の伝達率（電流）が変化することとなる。この電流の変化を検出することで、磁気記録媒体の検出対象の磁化遷移領域からの漏洩磁界が検出される。なお、供給電流（センス電流）を一定としつつ電圧を検出することで磁界検出を行なうことができ、一般にはこのような形式の検出を用いる。

【００８７】

ここで、第三強磁性層１７を含む強磁性層積層体４１の磁化の固定に、前述の実施形態に係る交換結合膜１００と同様の、反強磁性層７と層構造体９とを含む交換結合膜２００を採用しているので、反強磁性層７の膜厚を従来よりも薄くしつつ十分な交換結合エネルギーにより第三強磁性層１７を含む強磁性層積層体４１の磁化の方向が固定される。

【００８８】

これによりスピンバルブ膜４７を薄くすることができ、薄膜磁気ヘッドＭＨ１の上部磁気シールド層１９と下部磁気シールド層３との間のギャップを狭くすることができるので、より高密度に記録された磁気記録媒体からの漏洩磁界の読み取りが可能となる。

【００８９】

さらに、反強磁性層７の厚みを従来よりも薄くできるので、スピンバルブ膜４７に流れる電流の内、反強磁性層７に流れるセンス電流の分流比を下げることができる。このため、薄膜磁気ヘッドのＭＲ比や抵抗変化率が向上し、薄膜磁気ヘッドの高出力化が可能となる。

【００９０】

なお、このように反強磁性層７の厚みを従来に比して薄くしても、強磁性層積層体４１の磁化の方向が確実に固定されるため、スピンバルブ膜４７及び薄膜磁気ヘッドＭＨ１において、安定な読み取り動作が可能となる。

【００９１】

ここで、データの磁気記録についても若干の説明をしておく。薄膜磁気ヘッドＭＨ１の磁気検出素子ＭＤ上には磁気データを書き込むための磁界形成素子ＲＤが機械的に結合している。磁気記録媒体の磁化遷移領域への書き込みは、磁界形成素子ＲＤからの漏洩磁界によって行われる。

【００９２】

ここで、本実施形態のようなスピンバルブ膜を含む薄膜ヘッドを作成し、ＭＲ比等の性能を評価した。

【００９３】

上記実施形態に対応する薄膜磁気ヘッドとして形成したＭＲ素子の基本構成は、ＮｉＣｒ（５ｎｍ）／反強磁性層／磁化固定層／Ｃｕ（１．９ｎｍ）／ＣｏＦｅ（２．５ｎｍ）（フリー層）／Ｃｕ（３ｎｍ）／Ｔａ（２ｎｍ）とした。なお、数値の単位はｎｍである。ここで、強磁性層積層体としては、層構造体／Ｒｕ（０．８ｎｍ）／$Co_{90}Fe$（１．６ｎｍ）であるシンセティック構造とした。

【００９４】

（実施例２２～２４）

反強磁性層／層構造体を、図７の表に示すように、$IrMn_{80}$（５ｎｍ）／$Co_{90}Fe$（０．５ｎｍ）／$Fe_{95}Ta$／$Co_{90}Fe$（０．５ｎｍ）とし、体心立方構造を有する層としての$Fe_{95}Ta$の厚みを、実施例２２～２４の順に、０．５，０．７，０．９ｎｍとした。

【００９５】

（実施例２５～２７）
反強磁性層／層構造体を、$IrMn_{80}$（５ｎｍ）／$Co_{90}Fe$（０．５ｎｍ）／$Fe_{50}Co$／$Co_{90}Fe$（０．５ｎｍ）とし、体心立方構造を有する層としての$Fe_{50}Co$の厚みを、順に、０．５，０．７，０．９ｎｍとした。
【００９６】
（比較例１１）
反強磁性層／層構造体を、$IrMn_{80}$（５ｎｍ）／$Co_{90}Fe$（１．５ｎｍ）とする以外は実施例２２と同様とした。
【００９７】
（比較例１２）
反強磁性層／層構造体を、ＰｔＭｎ（１３ｎｍ）／$Co_{90}Fe$（１．５ｎｍ）とする以外は実施例２２と同様とした。
【００９８】
これらの薄膜磁気ヘッドのＭＲ比と抵抗変化量とを図７に示す。
【００９９】
実施例２２～２７により明らかなように、本実施形態に係るスピンバルブ膜を備える薄膜磁気ヘッドによれば、交換結合エネルギーを低下させずに反強磁性層の膜厚を低くできるので、前述した従来構成である比較例１２に比して、反強磁性層に流れるセンス電流の分流比を低減でき、ＭＲ比や抵抗変化量を向上させることができることがわかる。
【０１００】
なお、比較例１３のように、体心立方構造を有する強磁性層を、面心立方構造を有する強磁性層で挟んでいない従来の強磁性層積層体と不規則合金との交換結合膜を有するスピンバルブ膜でも、反強磁性層の膜厚を薄くすることにより、ＭＲ比を向上することができるが、比較例１～４ですでに述べたように交換結合エネルギーが低いので実用化は困難である。
【０１０１】
次に、図８を参照して本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドＭＨ２について説明する
【０１０２】
本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドＭＨ２が薄膜磁気ヘッドＭＨ１と異なる点は、一方の電極層４５がスピンバルブ膜４７の上面と電気的に接触するように積層されると共に他方の電極層４５がスピンバルブ膜４７の下面に電気的に接触するように積層され、センス電流がスピンバルブ膜４７の積層方向に流れる点である。なお、このような薄膜磁気ヘッドは、ＣＰＰ（Ｃｕｒｒｅｎｔ Ｐｅｒｐｅｎｄｉｃｕｌａｒ ｔｏ Ｐｌａｎｅ）型のＧＭＲヘッドと呼ばれる。
【０１０３】
これに対応して、硬質磁性層３３の上下で電極層４５との間には、下地層３１、保護層３５に代えて、アルミナ等の絶縁層４３、４３が各々形成されている。
【０１０４】
本実施形態の薄膜磁気ヘッドＭＨ２によっても、上述の薄膜磁気ヘッドＭＨ１と同様に、反強磁性層の厚みを薄くしつつ十分な交換結合エネルギーを実現できるスピンバルブ膜４７を採用しているので、信頼性を損なうことなく上部磁気シールド層１９と下部磁気シールド層３との間のギャップを狭くでき、狭ギャップ構造の磁気ヘッドを実現できる。
【０１０５】
加えて、反強磁性層７の厚みが薄くなると、スピンバルブ膜４７を流れる電流が反強磁性層７を流れる際の抵抗が少なくなるので、磁気ヘッドのＭＲ比が向上する。
【０１０６】
次に、上述の薄膜磁気ヘッドＭＨ１やＭＨ２を備える磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置について説明する。
【０１０７】
図９は、本実施形態に係るハードディスク装置（磁気記録再生装置）２０１を示す斜視図

である。ハードディスク装置２０１は、ヘッドアームアセンブリ（ＨＡＡ：Ｈｅａｄ Ａｒｍｓ Ａｓｓｅｍｂｌｙ）（磁気ヘッド装置）２１５を作動させて、高速回転するハードディスク（磁気記録媒体）２０２の記録面（図９の上面）に、薄膜磁気ヘッド２１０によって磁気情報（磁気信号）を記録及び再生するものである。

【０１０８】

ヘッドアームアセンブリ２１５は、上述の薄膜磁気ヘッドＭＨ１が形成されたスライダ２１１を搭載したジンバル（ヘッド支持装置）２１２と、これが接続されたサスペンションアーム２１３とを備え、支軸２１４周りに例えばボイスコイルモータによって回転可能となっている。薄膜磁気ヘッドＭＨ１に変えて、ＭＨ２を採用してもよい。ヘッドアームアセンブリ２１５を回転させると、スライダ２１１は、ハードディスク２０２の半径方向、すなわちトラックラインを横切る方向に移動する。

【０１０９】

図１０は、スライダ２１１の拡大斜視図である。スライダ２１１は、略直方体形状をなし、アルティック（Al_2O_3・ＴｉＣ）からなる基台２１１ａ上に、薄膜磁気ヘッドＭＨ１が形成されている。同図における手前側の面は、ハードディスク２０２の記録面に対向する面であり、エアベアリング面（ＡＢＳ：Ａｉｒ Ｂｅａｒｉｎｇ Ｓｕｒｆａｃｅ）Ｓと称されるものである。ハードディスク２０２が回転する際、この回転に伴う空気流によってスライダ２１１が浮上し、エアベアリング面Ｓはハードディスク２０２の記録面から離隔する。

【０１１０】

薄膜磁気ヘッドＭＨ１には記録用端子２１８ａ，２１８ｂ及び再生用端子２１９ａ，２１９ｂが接続されており、図９に示したサスペンションアーム２１３には、各端子に接続される、電気信号の入出力用の配線（図示省略）が取付けられている。また、薄膜磁気ヘッドＭＨ１を保護するために、図中破線で示したオーバーコート層２２１が設けられている。なお、エアベアリング面Ｓに、ＤＬＣ（Ｄｉａｍｏｎｄ Ｌｉｋｅ Ｃａｒｂｏｎ）等のコーティングを施してもよい。

【０１１１】

このような、ヘッドアームアセンブリ２１５、ハードディスク装置２０１においては、上述の薄膜磁気ヘッドＭＨ１やＭＨ２を用いるので、上述と同様の作用効果を奏する。

【０１１２】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変形態様をとることが可能である。

【０１１３】

例えば、薄膜磁気ヘッドＭＨ１，ＭＨ２では、交換結合膜２００を構成する強磁性層積層体４１において、層構造体９と第三強磁性層１７とが非磁性介在層１５を介して積層されたいわゆるシンセティック構造を有しているが、層構造体９のみの強磁性層積層体４１とすることもできる。

【０１１４】

また、薄膜磁気ヘッドＭＨ２において、非磁性導電層２５をアルミナ等の絶縁層に変えたＴＭＲヘッドとしてもよい。

【０１１５】

また、本実施形態に係る交換結合膜やスピンバルブ膜は、ＭＲＡＭ（ｍａｇｎｅｔｉｃ ｒａｎｄｏｍ ａｃｃｅｓｓ ｍｅｍｏｒｙ）等にも適用できる。

【０１１６】

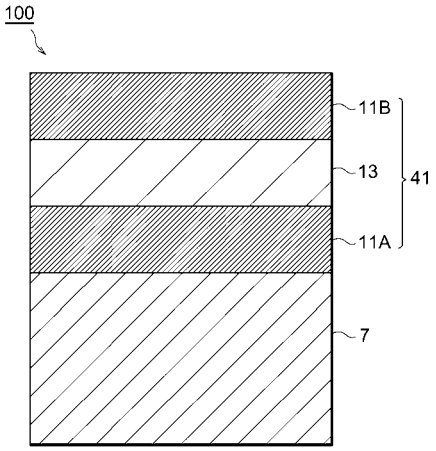
【発明の効果】

上記説明したように、本発明によれば、従来よりも膜厚を薄くすることが可能でかつ十分な交換結合エネルギーを有する交換結合膜と、これを用いたスピンバルブ膜、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置、磁気記録再生装置が提供できる。これにより、ハードディスク装置等の高密度化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本実施形態に係る交換結合膜の断面構造を示す概略図である。
【図２】実施例１～実施例８、比較例１～比較例１０及び参考例１の交換結合膜の構成と、その特性とを示す表である。
【図３】実施例１～実施例８の交換結合膜の磁化容易軸方向の磁化曲線の典型例を示す図である。
【図４】実施例１、実施例９～１５の交換結合膜の構成と、その特性とを示す表である。
【図５】実施例８、実施例１６～２１の交換結合膜の構成と、その特性とを示す表である。
【図６】本実施形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面構造を示す概略図である。
【図７】実施例２２～２７、比較例１１，１２に係る薄膜磁気ヘッドの膜構成と、その特性を示す図である。
【図８】本実施形態に係る他の薄膜磁気ヘッドの断面構造を示す概略図である。
【図９】本実施形態に係るハードディスク装置を示す斜視図である。
【図１０】図９のスライダの拡大斜視図である。
【符号の説明】
３…下部磁気シールド層（シールド層）、７…反強磁性層、１１Ａ，１１Ｂ…第二強磁性層、１３…第一強磁性層、１５…非磁性介在層、１７…第三強磁性層、１９…上部磁気シールド層（シールド層）、２５…非磁性導電層、２７…フリー層、４１…強磁性層積層体、４５…電極層、４７…スピンバルブ膜、１００，２００…交換結合膜、２０１…ハードディスク装置（磁気記録再生装置）、２１５…ヘッドアームアセンブリ（磁気ヘッド装置）、薄膜磁気ヘッド…ＭＨ１，ＭＨ２。

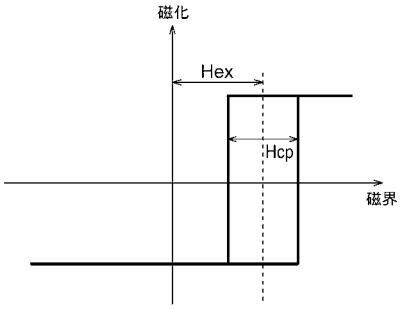
【図１】



【図２】

	強磁性体層積層体				Hex [kA/m]	Hcp [kA/m]	ta [nm]	Jk [μJ/m²]
	第二強磁性体層 A（厚み）	第一強磁性体層（厚み）	第二強磁性体層 B（厚み）	反強磁性体層（厚み）				
実施例1	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	53.7	16.2	3.34	341
実施例2	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (9nm)	45.2	11.9	3.34	287
実施例3	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (7nm)	50.7	14.3	3.34	322
実施例4	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	53.7	16.2	3.34	341
実施例5	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	RuRhMn (11nm)	36.9	9.2	3.34	234
実施例6	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	RuRhMn (9nm)	41.4	10.5	3.34	263
実施例7	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	RuRhMn (7nm)	43.8	12.4	3.34	278
実施例8	CoFe (1nm)	FeCo (2nm)	CoFe (1nm)	IrMn (5nm)	66.7	17.0	4.30	545
比較例1	–	–	CoFe (3nm)	IrMn (10nm)	26.9	3.1	3.00	153
比較例2	–	–	CoFe (3nm)	IrMn (5nm)	26.9	3.1	3.00	153
比較例3	–	–	CoFe (2nm)	IrMn (10nm)	32.7	5.9	2.00	124
比較例4	–	–	CoFe (2nm)	IrMn (5nm)	48.3	9.7	2.00	184
比較例5	CoFe (2nm)	FeTa (2nm)	–	IrMn (10nm)	18.9	8.6	3.56	128
比較例6	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	PtMn (15nm)	37.3	31.0	3.34	236
比較例7	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	PtMn (13nm)	34.3	29.5	3.34	218
比較例8	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	PtMn (10nm)	16.6	16.4	3.34	105
比較例9	–	–	CoFe (3nm)	PtMn (15nm)	64.1	32.5	3.00	365
比較例10	–	–	CoFe (3nm)	PtMn (5nm)	7.3	18.7	3.00	41.6
参考例1	CoFe (2nm)	FeCo (2nm)	–	IrMn (5nm)	41.6	17.4	4.30	339

【図３】



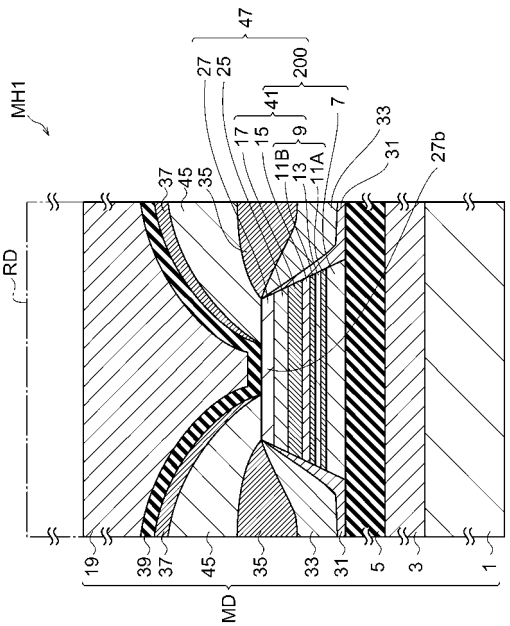
【図４】

	強磁性体層積層体			反強磁性体層（厚み）	Hex [kA/m]	Hcp [kA/m]	ta [nm]	Jk [μJ/m²]
	第二強磁性体層A（厚み）	第一強磁性体層（厚み）	第二強磁性体層B（厚み）					
実施例1	CoFe (0.5nm)	FeTa (3nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	53.7	16.2	3.34	341
実施例9	CoFe (1.5nm)	FeTa (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	47.4	11.9	3.56	320
実施例10	CoFe (1nm)	FeTa (2nm)	CoFe (1nm)	IrMn (10nm)	57.9	13.8	3.56	392
実施例11	CoFe (0.5nm)	FeTa (2nm)	CoFe (1.5nm)	IrMn (10nm)	58.1	12.8	3.56	393
実施例12	CoFe (1.5nm)	FeTa (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	47.4	11.9	3.56	320
実施例13	CoFe (1.5nm)	FeTa (1.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	52.9	12.9	3.17	319
実施例14	CoFe (1.5nm)	FeTa (1nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	57.6	14.2	2.78	304
実施例15	CoFe (1.5nm)	FeTa (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (10nm)	66.7	17.0	2.39	303

【図５】

	強磁性体層積層体			反強磁性体層（厚み）	Hex [kA/m]	Hcp [kA/m]	ta [nm]	Jk [μJ/m²]
	第二強磁性体層A（厚み）	第一強磁性体層（厚み）	第二強磁性体層B（厚み）					
実施例8	CoFe (1nm)	FeCo (2nm)	CoFe (1nm)	IrMn (5nm)	66.7	17.0	4.30	545
実施例16	CoFe (1.5nm)	FeCo (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	64.9	18.1	4.30	530
実施例17	CoFe (0.5nm)	FeCo (2nm)	CoFe (1.5nm)	IrMn (5nm)	65.9	16.5	4.30	538
実施例18	CoFe (1.5nm)	FeCo (2nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	64.9	18.1	4.30	530
実施例19	CoFe (1.5nm)	FeCo (1.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	71.2	18.5	3.73	504
実施例20	CoFe (1.5nm)	FeCo (1nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	78.2	18.7	3.15	468
実施例21	CoFe (1.5nm)	FeCo (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	IrMn (5nm)	61.9	13.9	2.58	303

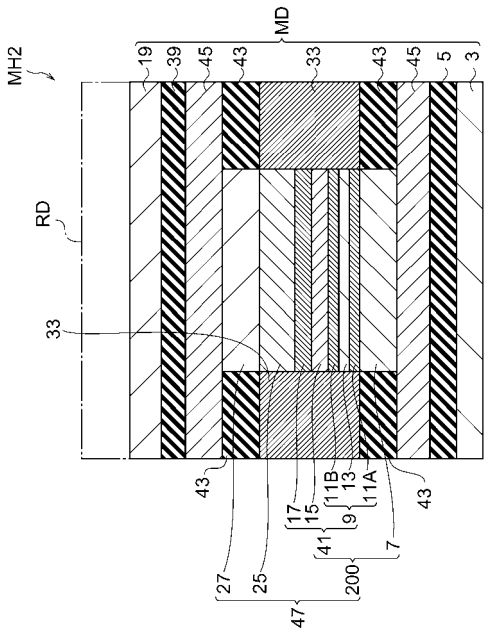
【図６】



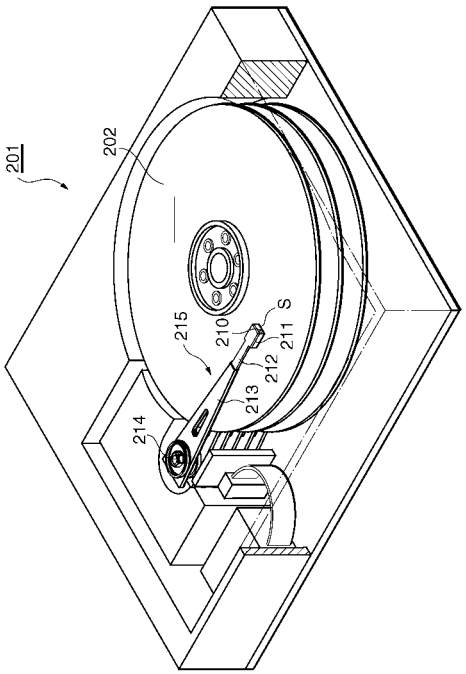
【図７】

	反強磁性体層（厚み）	層構造体			MR比（%）	抵抗変化率（Ω/cm²）
		第二強磁性体層A（厚み）	第一強磁性体層（厚み）	第二強磁性体層B（厚み）		
実施例22	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeTa (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	16.2	3.39
実施例23	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeTa (0.7nm)	CoFe (0.5nm)	15.9	3.33
実施例24	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeTa (0.9nm)	CoFe (0.5nm)	15.8	3.27
実施例25	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeCo (0.5nm)	CoFe (0.5nm)	16.4	3.41
実施例26	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeCo (0.7nm)	CoFe (0.5nm)	16.1	3.37
実施例27	IrMn (5nm)	CoFe (0.5nm)	FeCo (0.9nm)	CoFe (0.5nm)	15.7	3.26
比較例11	IrMn (5nm)	CoFe (1.5nm)	–	–	16.0	3.23
比較例12	PtMn (13nm)	CoFe (1.5nm)	–	–	15.1	2.78

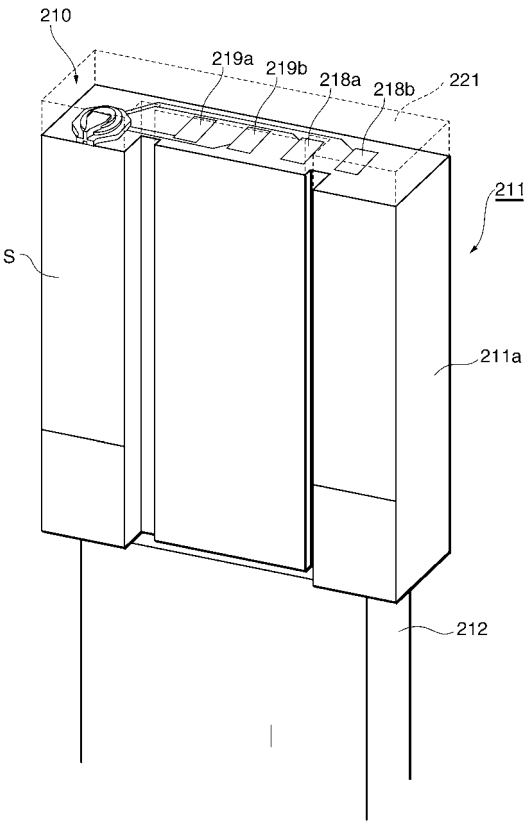
【図８】



【図９】



【図１０】



フロントページの続き

(72)発明者　照沼　幸一
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

Ｆターム(参考) 5D034 BA03　BA09　BB08　CA06