

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4263802号  
(P4263802)

(45) 発行日 平成21年5月13日(2009.5.13)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>HO 1 F 10/08</b>	<b>(2006.01)</b>	HO 1 F 10/08	
<b>G 1 1 B 5/31</b>	<b>(2006.01)</b>	G 1 1 B 5/31	C
<b>G 1 1 B 5/39</b>	<b>(2006.01)</b>	G 1 1 B 5/39	
<b>G 1 1 B 5/66</b>	<b>(2006.01)</b>	G 1 1 B 5/66	

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平11-71171	(73) 特許権者	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成11年3月17日(1999.3.17)	(74) 代理人	100109900 弁理士 堀口 浩
(65) 公開番号	特開平11-329836	(72) 発明者	與田 博明 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式 会社東芝 川崎事業所内
(43) 公開日	平成11年11月30日(1999.11.30)	(72) 発明者	吉川 将寿 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式 会社東芝 川崎事業所内
審査請求日	平成17年3月1日(2005.3.1)	(72) 発明者	大沢 裕一 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式 会社東芝 川崎事業所内
審査番号	不服2006-7836(P2006-7836/J1)		
審査請求日	平成18年4月24日(2006.4.24)		
(31) 優先権主張番号	特願平10-67077		
(32) 優先日	平成10年3月17日(1998.3.17)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁心、磁気センサ、及び磁気記録ヘッド

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

積層形成された強磁性膜と反強磁性膜とからなり、前記強磁性膜内に磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜の磁化が異方性分散し、かつ前記反強磁性膜にも前記強磁性膜内の部分領域に対応した複数の部分領域を備えており、前記強磁性膜内の部分領域と前記反強磁性膜の部分領域とが交換結合している交換結合膜を備えていることを特徴とする磁心。

【請求項2】

前記強磁性膜の一表面の全面積を100とすると、前記部分領域の面積は10以下であることを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項3】

前記交換結合膜の透磁率の方向に依存した変化率は±10%以内であることを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項4】

前記強磁性膜は、軟磁性膜、非晶質Co系膜、軟磁性微結晶膜、グラニューラ軟磁性膜、及び軟磁性フェライト膜のいずれかを含むことを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項5】

前記反強磁性膜はIrMn、PdMn、PtMn、NiMn、NiO、アモルファスFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のいずれかを含むことを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項6】

前記強磁性膜はNiFeあるいはCoZrNbを含み、前記反強磁性膜はIrMn, PtMnあるいはNiMnを含むことを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項7】

前記強磁性膜は軟磁性グラニューラー材料、あるいは軟磁性フェライトを含み、前記反強磁性膜はアモルファスFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含むことを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項8】

前記交換結合膜は第二の強磁性膜を備え、前記反強磁性膜は前記二つの強磁性膜の間に位置することを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項9】

前記交換結合膜は互い違いに積層形成された複数の前記強磁性膜と複数の前記反強磁性膜を備えることを特徴とする請求項1記載の磁心。

10

【請求項10】

前記強磁性膜と前記反強磁性膜とが組をなし、別の前記強磁性膜と前記反強磁性膜からなる前記組と非磁性膜を介して隣接していることを特徴とする請求項1記載の磁心。

【請求項11】

積層形成された強磁性膜と反強磁性膜とからなり、前記強磁性膜が磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜の磁化が異方性分散し、かつ前記反強磁性膜にも前記強磁性膜内の部分領域に対応した複数の部分領域を備えており、前記強磁性膜内の部分領域と前記反強磁性膜の部分領域とが交換結合している交換結合膜を備える磁心と、  
前記磁心に磁氣的に結合した磁気抵抗効果膜とを備えることを特徴とする磁気センサ。

20

【請求項12】

前記磁気抵抗効果膜は、巨大磁気抵抗効果膜、トンネル磁気抵抗効果膜、グラニューラー磁気抵抗効果膜のいずれかよりなることを特徴とする請求項11記載の磁気センサ。

【請求項13】

磁気記録媒体に対向する媒体対向面において磁気ギャップを介して対向する一対の磁心であって、積層形成された強磁性膜と反強磁性膜を備え、前記強磁性膜が磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜の磁化が異方性分散し、かつ前記反強磁性膜にも前記強磁性膜内の部分領域に対応した複数の部分領域を備えており、前記強磁性膜内の部分領域と前記反強磁性膜の部分領域とが交換結合している交換結合膜を備える一対の磁心と、

30

前記媒体対向面より後方に位置し、前記磁心に電流磁界を付与するコイルとを備えることを特徴とする磁気記録ヘッド。

【請求項14】

前記交換結合膜の端部は前記交換結合膜と接して、あるいは近くに配置されたバイアス付与膜よりバイアス磁界が与えられることを特徴とする請求項13記載の磁気記録ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁心、磁気センサ、及び磁気記録ヘッドに関する。

40

【0002】

【従来の技術】

ハードディスク装置などの磁気記録装置は、近年において急速に小型化・高密度化が進んでおり、今後さらに高密度化されることが見込まれている。磁気記録において高密度化を実現するには、記録トラック幅を狭くして記録トラック密度を高くするとともに、長手方向の記録密度、即ち線記録密度を高める必要がある。

【0003】

記録トラック幅が狭くなり、記録された磁化の大きさが小さくなっても、十分な再生信号出力が得られるよう、磁気抵抗効果(AMR)を用いた磁気抵抗効果再生ヘッドやAMR膜よりも再生感度の高い巨大磁気抵抗効果(GMR)を利用したスピバルブ型再生GM

50

Rヘッドが用いられるようになり、さらに高い再生感度の期待されるトンネル磁気抵抗効果(TMR)膜の研究が進められている。

【0004】

このように再生感度の高い再生磁気ヘッドが開発され、それらを用いることによって、ごく狭い記録トラック幅であっても記録信号の再生が可能になってきた。また、記録トラックの長手方向の密度である線記録密度を高めるには、磁気再生ヘッドのギャップ長を狭くすることが必要である。従来の磁気抵抗効果ヘッドでは、媒体対向面に磁気抵抗効果膜が位置することから、この膜厚分に相当するギャップ長が存在しているため、さらなる狭ギャップ化には充分に対応できないと予測できる。そこで、媒体対向面の磁気ギャップ内には磁気抵抗効果素子を後方に配置し、その分ヘッドギャップを狭め、記録磁化からの磁束をヘッドギャップ部より取り込み後方に配置した磁気抵抗効果素子に導く磁心(磁気ヨーク)を採用したヨーク型の磁気抵抗効果型磁気ヘッドが望まれる。このヨーク型磁気ヘッドであればヘッドギャップ長をさらに狭くできるので、再生の分解能が向上し、高い線記録密度に対応できると期待される。又、特開平10-143821号には、この磁気ヨークを薄膜で構成し平面配置した磁気ヘッドが開示されている。

10

【0005】

このヘッド構造は、それ以前の、磁気ヨークをギャップ膜を介して上下に積層形成したヨーク型ヘッド構造と対比的に一对の磁気ヨークが平面に位置することから、以下では平面ヨーク型磁気ヘッドとする。平面ヨーク型磁気ヘッドの斜視図を図17に示す。TiC基板21上には $Al_2O_3$ 膜22が形成され、この $Al_2O_3$ 膜22の上に一对の磁気ヨーク24が形成されている。一对の磁気ヨーク24は媒体対向面において磁気ギャップ25を介して対向しており、一对の磁気ヨーク24は磁気抵抗効果膜27と磁氣的に結合し電極30からのセンス電流を受けるように構成されている。このような構成により、一对の磁気ヨーク24の距離で決まるギャップ長を狭く、かつ、磁気ヨーク24の膜厚で決まるトラック幅を狭くできることから、この平面ヨーク型磁気ヘッドはさらなる高密度化に対応可能である。

20

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上述のような磁心に対し、大きな磁壁の不可逆的移動に起因する不連続磁化変化を低減することでバルクハウゼンノイズを低減させ、信頼性が高く、安定した特性を示す磁心とこれを用いた磁気センサ、磁気ヘッド、及び磁気記録媒体を得ることが本発明の解決しようとする課題である。

30

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、鋭意研究の結果、反強磁性膜とその部分領域毎に交換結合した強磁性膜を磁心として用いることで、バルクハウゼンノイズを低減し高い透磁率が得られることを見出し、本発明をなすに至ったものである。

【0008】

以下に、図17に示す、従来のヨーク型磁気ヘッドの問題点を平面ヨーク型磁気ヘッドを例に説明する。

40

図17にあるように、磁気ヨーク24は媒体対向面において磁気媒体から拾った信号磁界(磁化反転)を円滑に磁気抵抗効果膜27に伝える必要がある。理想的な磁化反転は磁気ヨーク24全体の磁化が一度に反転することであるが、実際には、磁気ヨーク24内を磁壁が不可逆的に移動するため、磁壁が大きいとその大きさに比例したノイズを生じる。従来の磁気ヨークはこのようなノイズを低減するために、磁気ヨーク24を単一磁区に保つ工夫、あるいは特開平9-274712号にあるような磁気ヨークの長手方向とは垂直方向に磁気異方性を付与する工夫がなされてきた。図18は、面積が $200\mu m \times 200\mu m$ 程度の磁気ヨーク24を単一磁区に保つためのバイアス磁界を付与した膜の磁区を示す。

【0009】

50

バイアス磁界を付与するものの、膜 2 4 内には互いに反平行の磁化 M を備える磁区が形成され、磁区間には磁壁 3 6 が形成され、媒体からの信号磁界が加わったときにこの磁壁 3 6 が不可逆的に移動する。この結果、図 1 9 に示す膜 2 4 の磁界 (H) - 磁化 (M) 変化にあるような不連続な磁化変化が生じる。この不連続な磁化変化を受けた磁気抵抗効果膜 2 7 の再生信号にはノイズが現れ、磁気ヘッドを実用化する上での大きな障害となる。また、特開平 9 - 2 7 4 7 1 2 号にあるように、磁気ヨーク 2 4 にじき異方性を付与する方法では磁束を膜面内で急激に曲げることが難しく、安定して供給することは困難であることが明らかになった。

【 0 0 1 0 】

上述のバルクハウゼンノイズは磁化反転の不連続性がノイズとして現れることから、磁気ヨークのサイズが関係する。つまり、 $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$  程度の面積をもつ磁気ヨークのバルクハウゼンノイズは、磁区を小さくし大きい磁壁による不連続な移動を抑えることにより解決できることを本発明者らは鋭意研究の結果、見出した。

10

【 0 0 1 1 】

本発明の第一は、積層形成された強磁性膜と反強磁性膜とからなり、前記強磁性膜内に磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜の磁化が異方性分散し、かつ前記反強磁性膜にも前記強磁性膜内の部分領域に対応した複数の部分領域を備えており、前記強磁性膜内の部分領域と前記反強磁性膜の部分領域とが交換結合している交換結合膜を備えていることを特徴とする磁心を提供する。

20

【 0 0 1 2 】

又、本発明の第二は、積層形成された強磁性膜と反強磁性膜とからなり、前記強磁性膜が磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜が異方性分散した磁化を持つ磁心と、この磁心に磁氣的に結合した磁気抵抗効果膜とを備えることを特徴とする磁気センサを提供する。

【 0 0 1 3 】

又、本発明の第三は、磁気記録媒体に対向する媒体対向面において磁気ギャップを介して対向する一対の磁心であって、積層形成された強磁性膜と反強磁性膜とからなり、前記強磁性膜が磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜が異方性分散した磁化を持つ一対の磁心と、媒体対向面より後方に位置し、前記磁心に電流磁界を付与するコイルとを備えることを特徴とする磁気記録ヘッドを提供する。

30

【 0 0 1 4 】

さらに、本発明の第四は、積層形成された強磁性膜と反強磁性膜とからなり、前記強磁性膜が表面側に位置し、前記強磁性膜が磁化方向の異なる複数の部分領域を備えることで前記強磁性膜が異方性分散した磁化を持つ一対の交換結合膜を備えることを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

【 0 0 1 5 】

上記各発明の交換結合膜、及びこれを用いた磁心では、磁化方向の異なる複数の部分領域を強磁性膜が備えることで、強磁性膜全体としては、磁気異方性が分散した等方膜となる。ここで、異方性分散とは、日本応用磁気学会誌 vol.20, No.2 1996 P493-496 にあるように、磁気異方性に角度、大きさ共に膜内で不均一性を生じることをいう。

40

【 0 0 1 6 】

より具体的には、図 1 の斜視図に示す反強磁性膜 4 2 と強磁性膜 4 3 が互いに積層された交換結合膜 4 5 の強磁性膜 4 3 は、図 2 の斜視図に示すように矢印で示す磁化 (異方性磁界) の向き互いに異なる部分領域 4 3 a を備え、膜全体ではその異方性磁界が略均等に分布して結果的に異方性分散をもつこととなる。図 2 中、強磁性膜 4 3 の部分領域 4 3 a は対応する反強磁性膜 4 2 の部分領域 4 2 a との交換結合により外部磁界が 0 のときには矢印で示す磁化を維持することができる。図 2 中、4 6 は部分領域を分ける境界である。

【 0 0 1 7 】

尚、本発明の交換結合膜は、インダクター、D/Dインバーター、電源、ノイズフィルター等の従来より強磁性膜を磁心として用いる装置に適用することができる。

50

## 【 0 0 1 8 】

本発明の交換結合膜によれば、膜内に細かい部分領域 4 3 a を備えることから、外部磁界に応じた磁化変化は、多数の部分領域 4 3 a に相当する磁区の磁化が一度に反転していた従来の膜よりも格段にスムーズに行われ、バルクハウゼンノイズを抑制することが可能である。この結果、低ノイズの磁心を得ることが可能である。また、部分領域 4 3 a は、異方性磁界の向きを分散させることで磁心の透磁率を略等方的にすることができ、閉磁路を形成した場合に非常に有効である。

## 【 0 0 1 9 】

本発明の第二及び第三に関する磁気センサ、及び磁気抵抗効果型磁気ヘッドによれば、磁気ヨークとして、本発明の第一の交換結合膜を用いているので、強磁性膜の磁化が拘束され、これによって強磁性膜の磁壁移動を抑制することができる。このため、磁壁が不可逆的移動することに原因する大きなバルクハウゼンノイズを抑制することができる。この結果、ヘッドギャップを十分に小さくできるヨーク型の磁気抵抗効果型磁気ヘッドの信号対雑音比が向上し、高い線記録密度に対応できる。また、高透磁率を誇ることから、記録効率に優れた磁気記録ヘッドを提供することができる。

10

## 【 0 0 2 0 】

本発明の第四の磁気記録媒体では、記録層のヘッド対向面とは反対側の記録層裏面に本発明の第一の等方的で軟磁性の交換結合膜を備えることで記録ヘッドからの記録磁束を効率よく収束することが可能となる。

## 【 0 0 2 1 】

尚、上記本発明の第一乃至第四の交換結合膜において下記の形態とすることが好ましい。  
1) 強磁性膜の一表面の全面積を 1 0 0 とすると、部分領域の面積は 1 0 以下である。より好ましくは、2 0 0  $\mu\text{m}$   $\times$  2 0 0  $\mu\text{m}$  程度の面積を備える交換結合膜において、部分領域の磁区の大きさを 5  $\mu\text{m}$   $\times$  5  $\mu\text{m}$  程度またはそれ以下に微細化すること。

20

## 【 0 0 2 2 】

2) 交換結合膜の透磁率の方向に依存した変化率は  $\pm 1 0 \%$  以内であること。  
3) 強磁性膜は、軟磁性膜、非晶質 Co 系膜、軟磁性微結晶膜、グラニューラー軟磁性膜、及び軟磁性フェライト膜のいずれかを含むこと。

## 【 0 0 2 3 】

4) 反強磁性膜は Ir Mn、Pd Mn、Pt Mn、Ni Mn、Ni O、アモルファス Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> のいずれかを含むこと。  
5) 強磁性膜は Ni Fe あるいは Co Zr Nb を含み、反強磁性膜は Ir Mn、Pt Mn あるいは Ni Mn を含むこと。

30

## 【 0 0 2 4 】

6) 強磁性膜は軟磁性グラニューラー材料、あるいは軟磁性フェライトを含み、反強磁性膜はアモルファス Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> を含むこと。  
7) 反強磁性膜は第二の強磁性膜を備え、反強磁性膜は二つの強磁性膜の間に位置する。

## 【 0 0 2 5 】

8) 交換結合膜は互い違いに積層形成された複数の強磁性膜と反強磁性膜を備える。  
9) 強磁性膜と反強磁性膜とが組をなし、別の強磁性膜と反強磁性膜からなる組と非磁性膜を介して隣接していること。

40

## 【 0 0 2 6 】

1 0) 強磁性膜は良好な軟磁気特性(以下、軟磁性とする。)を示すものが好ましく、例えば、Ni Fe、Fe Al Si、Co Zr Nb 等の Co 系アモルファス材料、Fe Zr N 等の微結晶軟磁性膜、Co Fe Al O 等のグラニューラー軟磁性膜、Mn Zn フェライト等の軟磁性フェライト膜がある。

## 【 0 0 2 7 】

1 1) 反強磁性膜としては、Fe Mn、Ir Mn、Pt Mn、Ni Mn、Ni O、アモルファス Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> 等を用いることができる。

1 2) 反強磁性膜と強磁性膜の好ましい組み合わせとしては、交換結合力の大きい Ir M

50

n、PtMn、NiMnと優れた軟磁性を持ち、磁気異方性を導入しやすいNiFe、CoZrNbがよい。

【0028】

13) 高飽和磁束密度が望まれる場合には、上述の交換結合力の高い反強磁性膜とFeZrNあるいはCoFeAlOの強磁性膜との組み合わせが好ましい。

14) さらに、高周波特性が望まれる場合には、交換結合力の大きい反強磁性膜とCoFeAlO等のグラニューラー軟磁性膜やMnZnフェライト等の軟磁性フェライト膜を組み合わせるとよい。その際、反強磁性膜としてNiO、アモルファスFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を用いれば高周波特性はさらに改善される。

【0029】

また、本発明の磁気センサ及び磁気抵抗効果型再生ヘッドにおいて、下記の形態をとることが好ましい。

1) 磁気ギャップは、前記磁気ヨークおよび前記磁気抵抗効果素子が形成される基板面に対して略垂直方向に配置されているとともに、磁気ヨークは前記基板面に対して略平行な平面を有し、かつ磁気抵抗効果素子が平面に沿って形成されてなるものとする。

【0030】

2) 磁気抵抗効果素子としては、AMR膜を用いるAMR素子、GMR膜を用いるGMR素子及びTMR膜を用いるTMR素子のいずれもが使用できる。中でも高い再生感度を持つGMR素子、TMR素子が好ましい。

【0031】

本発明の第一乃至第四に関する交換結合膜は、基板上に反強磁性膜と強磁性膜上とを積層して成膜することにより反強磁性膜と強磁性膜とが交換結合を有する多層膜を製造する交換結合膜の製造方法において、積層成膜を時間的に変化する磁場中に行うことで製造することができる。ここで基板上に反強磁性膜と強磁性膜上とを成膜する順序は反強磁性膜を先に成膜し、これに強磁性膜を成膜する順序で行ってもよいし、強磁性膜を先に成膜し、これに反強磁性膜を成膜する順序で行ってもよい。

【0032】

また、本発明の第一乃至第四に関する交換結合膜の他の製造方法として、基板上に反強磁性膜と強磁性膜上とを積層して成膜することにより反強磁性膜と強磁性膜とが交換結合を有する多層膜を製造する工程と、多層膜を製造した後に時間的に変化する磁場中で熱処理を行う方法がある。この製造方法によれば、多層膜の異方性磁界の向きを略均等にすることができ、磁心の透磁率が略等方的であるため、磁気ヘッドの磁路形成に適した磁心を製造することができる。

【0033】

さらに、交換結合膜の成膜時または熱処理時に例えば回転磁界を用いれば、強磁性膜と交換結合する反強磁性膜の異方性磁界の方向を略均等に分布させることができ、その結果、強磁性膜の受ける異方性磁界の方向を略均等に分布させることができる。こうして強磁性膜の受ける異方性磁界の方向を略均等に分布させることによって、交換結合膜は透磁率が略等方的となる。その結果、この交換結合膜を用いれば、磁気ヘッドなどにおける磁気回路形成が容易となる。

【0034】

【発明の実施の形態】

(実施の形態1)

まず、交換結合膜について本発明の実施の形態を図面に基づき具体的に説明する。

【0035】

図1及び2は実施の形態1を説明するための斜視図である。図1に示すように、反強磁性膜42と強磁性膜43は図示せぬ基板上に積層形成され強磁性膜43の部分領域と反強磁性膜42の部分領域とが互いに交換結合し、図2に示すように、強磁性膜43の各部分領域43aは異なる磁気異方性を備え、その部分領域43aの外縁は部分領域43aに対応する反強磁性膜42aの交換結合磁界によって固着されることから、外部磁界が0では、

10

20

30

40

50

図2に示す磁気異方性をもって固着される。

【0036】

反強磁性膜には各種の材料を用いることができる。例えば、IrMn膜、またはFeMn膜を好適に用いることができる。

それぞれの膜の厚さについては、強磁性膜に対し異方性磁界を付与できる範囲の厚さであれば特に制限されず、夫々例えば5nm~500nmとすることができる。

【0037】

強磁性膜としては各種高透磁率材料が使用でき、例えばNiFe膜、又はCoFe膜を好適に使用することができる。そして異方性磁界の大きさは強磁性膜の厚さが厚くなれば小さくなり、厚さが薄くなれば大きくなるが、強磁性膜が適切な透磁率を有し、バルクハウゼンノイズが防止されていればよく、特に制限されるものではない。例えば強磁性膜の厚さを10~500nmとすることができる。

10

【0038】

本実施の形態の強磁性膜43における外部磁界(H)-磁化(M)の関係を図3に示す。強磁性膜43は正負の飽和磁化 $\pm M$ にわたるM-Hカーブにおいて、不連続な磁化変化が外部磁場H1において生じているが、その大きさは $(M_{b2} - M_{b1})$ であり、Mの総変化量 $(+M - (-M) = 2M)$ との比 $((M_{b2} - M_{b1}) / 2M)$ は10%以下である。従来の交換結合膜では、図19に示すように、 $(M_{b1} - M_{b2})$ は磁化の総変化量2Mの20%程度存在する。

【0039】

20

次に、本発明の応用例を図4及び図5を用いて説明する。

図4に模式的に示した断面図のように基板51上に反強磁性膜52と強磁性膜53の積層、又は図5に模式的に示した断面図のように強磁性膜53と反強磁性膜52の積層を繰り返すことによって、多層膜55とすることができる。

【0040】

強磁性膜の受ける異方性磁界の大きさは強磁性膜の厚さに反比例するので、単に強磁性膜一層の厚さを厚くしたのでは部分領域の異方性磁界の大きさは維持できないが、多層膜の膜厚を厚くする場合には、積層することで強磁性膜の部分領域の受ける異方性磁界の大きさを確保しつつ多層膜の膜厚を厚くすることができる。

【0041】

30

さらに、図6及び図7に模式的に示した断面図のように、反強磁性膜62と強磁性膜63の積層、又は強磁性膜63と反強磁性膜62の組を順に繰り返し、各組の間に非磁性層64、例えばTa層を設けて交換結合膜65とすることができる。こうすることによって、強磁性膜63はその片方の面からのみ、異方性磁界を受けることができる。

【0042】

次に本実施の形態の交換結合膜の製造方法について具体的に述べる。

反強磁性膜42、52、62及び強磁性膜43、53、63は夫々スパッタ法、蒸着法等公知の成膜技術を用いて成膜する。成膜する下地は $Al_2O_3 \cdot TiC$ 等の非磁性基板や、基板表面に形成された $Al_2O_3$ 膜、 $SiO_x$ 膜、Ta膜、Ti膜等のアモルファス材料や結晶材料を用いることができる。

40

【0043】

ここで、部分領域を導入する方法として、強磁性膜43、53、63の成膜中に、経時変化する磁界であって強磁性膜43、53、63の異方性磁界よりも最大値の大きい変化磁界、例えば回転磁界を与える。これにより各部分領域の異方性磁界を略均等に分散させることができ、透磁率が略等方的な交換結合膜が得られる。

【0044】

部分領域を導入する他の方法として、多層膜を成膜した後、反強磁性膜42、52、62が異方性を失う温度であるプロッキング温度あるいはそれ以上まで加熱し、冷却する方法がある。異方性分散を確実に得るためには、冷却する際に経時的に変化する磁界、例えば回転磁界を与えることができる。

50

## 【0045】

(実施の形態2)

次に、本発明の交換結合膜の異方性分散に関する測定方法を図8に断面図を示す交換結合膜を用いて説明する。

## 【0046】

まず、本実施の形態の異方性分散した交換結合膜の製造方法を説明する。

図8の断面図に示すように、基板61上に100nmNiFe膜63/5nmIrMn膜62/100nmNiFe膜63を60回転/分で回転する300Oeの磁界にて、基板を200 に加熱しながら成膜し、5nmに加工して交換結合膜を製造した。

## 【0047】

この交換結合膜について測定のために設けた膜主面に存在する基準軸に対して、0, 15, 30, 45, 60, 75, 90度の各方向に $\pm 400$ eの磁界を印加した場合の磁界(M) - 磁界(H)曲線を測定し、いずれも  $M_b / M$ が10%以下であることが確認できた。尚、基準軸及び各測定方向は図面の紙面とは垂直な面内である。 $M_b / M$ が10%以下は、各強磁性膜63の異方性は良好に分散していることがわかる。同様に、各方向の磁束密度(B) - 磁界(H)曲線を測定し初透磁率、最大透磁率を測定したところ、各値の変化は $\pm 10\%$ 以下であった。

## 【0048】

(実施の形態3)

次に、本発明の交換結合膜の他の実施の形態を図9及び図10を用いて以下に説明する。

## 【0049】

まず、異方性分散した交換結合膜の製造方法を説明する。

20nmPtMn膜/300nmNiFe膜の積層膜を成膜し、5kOeの回転する磁場中で基板温度を300 に保持して10時間の熱処理を施した。その後、図9の上面図に示す平面形状をもつ膜94を2つ形成した。そのうちのひとつには、図10の上面図に示すように、硬質磁性膜である300nmのCoPt膜95を両脇に形成し、図10の矢印の方向に着磁した。尚、CoPt膜の下地には、図示せぬTa膜を用いた。残るひとつには、硬質磁性膜を付加せず、図9の平面形状のままとした。

## 【0050】

この二つの交換結合膜の磁区観察を磁気カー効果により行ったところ、図9に示す交換結合膜では還流磁区を形成し、一方の図10に示す交換結合膜では還流磁区は形成されないことが確認された。還流磁区が形成されるとその大きな磁区の磁壁がスムーズに移動しないため、透磁率が低下したり、バルクハウゼンノイズが発生する。従って、図10に示すような硬質磁性膜を隣りに備える硬質磁性膜が透磁率の確保、及びバルクハウゼンノイズを抑制するために好ましいことがわかる。尚、硬質磁性膜は隣接配置することが好ましいが、そのもれ磁界が還流磁区抑制のために実質的に効果が得られる程度に離間させてもよい。

## 【0051】

(実施の形態4)

次に、本発明の磁気センサに関する磁気抵抗効果型磁気ヘッドについて図11を用いて説明する。

## 【0052】

図11に模式的に示した斜視図のように、強磁性膜73と反強磁性膜72が積層された交換結合膜を磁気ヨーク74に用い、磁気記録媒体対向面から後退した位置に磁気抵抗効果素子76とこれに接続する電極77を配置して磁気抵抗効果型磁気ヘッドを構成することができる。

## 【0053】

この構成によって、紙面手前側の媒体対向面で一对の磁気ヨーク74が対向する距離(ギャップ長)を十分に小さくすることができ、高い線記録密度に対応できる。ここで、磁気ヨークに異方性が分散した強磁性膜を用いているので、強磁性膜の複数の部分領域を囲む

10

20

30

40

50

大きな磁壁移動を抑制することができ大きな磁壁の不可逆的移動に原因するバルクハウゼンノイズを防止することが可能である。これは、実効的に $25\mu\text{m}^2$ 以下の微細な磁区を形成できたことによるものと考えられる。

【0054】

これまでには、磁気抵抗効果素子あるいはコイル部に磁気記録媒体からの磁化情報を引き込み、伝達する目的で使用される薄膜磁性体において、その磁区の大きさをほぼ全面にわたって $25\mu\text{m}^2$ 以下とすることができず、微細磁区の効果を確認した例はなく、その効果も確かではなかった。

【0055】

磁区の大きさが約 $25\mu\text{m}^2$ 付近で、磁束密度と磁界との関係に不連続移動が観察されなくなり、 $5\mu\text{m}^2$ 以下で皆無となった。これに反し、 $50\mu\text{m}^2$ 近辺では不連続の曲線となった。特に、交換結合膜の大きさが $100\mu\text{m}^2$ 以下の場合、磁区の大きさが $1\mu\text{m}^2$ 以下で効果は大となった。さらにコイルを鎖交する $100\mu\text{m}^2$ のリング状閉磁路を形成し、そのインダクタンスを測定すると、磁区の大きさが $1\mu\text{m}^2$ 以下でインダクタンスは急激に大きくなり、磁束が急激に曲りやすくなっていることが確認できた。

【0056】

(実施の形態5)

図12は本発明の他の磁気抵抗効果型ヘッドを説明するための模式的斜視図である。図12に示すように、反強磁性膜82と強磁性膜83の積層された交換結合膜を磁気ヨーク84に用い、媒体対向面に存在する磁気ギャップ88を磁気ヨーク84及び磁気抵抗効果素子86が形成される基板81の主面に対して略垂直方向に配置した磁気抵抗効果型ヘッドが得られる。尚89は後部ギャップである。磁気ヨーク84は前記基板81の主面に平行に平面的に広がっており、磁気抵抗効果素子86もその平面に沿って形成することができ、安定した特性のヘッドを提供可能である。

【0057】

次に、本発明の磁気記録ヘッドについて、その実施の形態について具体的に述べる。

(実施の形態6)

図13は、本実施形態のコイル型磁気記録ヘッドを示す模式的斜視図である。

【0058】

このコイル型磁気記録ヘッドでは、磁気記録媒体対向面に磁気ギャップ103を介して対向配置された交換結合膜からなる磁気ヨーク101と、媒体対向面よりも後方にて磁気ヨーク101に巻回されたコイル102を有する。磁気ヨーク101は本発明の交換結合膜を備えることから、透磁率も高く、バルクハウゼンノイズの少ない、所望の記録特性を得ることができる。尚、磁気ギャップ103は、基板105の主面104に平行に平面的に広がる磁気ヨーク101と略垂直方向に長手方向を備える。

【0059】

本発明の磁気ヘッドは、磁極を有する磁心として反強磁性膜と交換結合を有する強磁性膜交換結合膜を用いており、強磁性膜の部分領域は反強磁性膜との結合によって拘束できるので、これによって強磁性膜の大きな磁壁移動を抑制することができ、大きなバルクハウゼンノイズを抑制可能である。

【0060】

(実施の形態7)

図14は、ハードディスクドライブの記録再生分離型の磁気ヘッドを示す平面図である。

【0061】

基板116上には、 $100\text{nmNiFe}$ 膜/ $5\text{nmIrMn}$ 膜/ $100\text{nmNiFe}$ 膜の交換結合膜からなる磁気ヨーク111、112が備えられ、記録ヘッドのヨーク111にはこのヨークに磁界を付与するコイル113が巻き付けられている。また、磁気抵抗効果型再生ヘッドのヨーク112には、このヨークに磁氣的に結合した磁気抵抗効果膜114と、この磁気抵抗効果膜114にセンス電流を供給する電極115が備えられている。磁気ヨーク111、112は、媒体対向面(ABS)にてギャップを介して対向しており、

10

20

30

40

50

このギャップによって記録媒体の信号磁界を拾う。

【0062】

まず、磁気ヨーク112を構成する交換結合膜の強磁性膜及び反強磁性膜は、順次、60回転/分で回転する3000eの磁場中にて基板116を200に加熱しながら成膜し、図14に示す形状に加工した。次に、CoFe/Cu/CoFe/IrMnの積層膜からなる磁気抵抗効果膜114を磁気ヨーク112と磁氣的に結合するように形成し、さらにこの磁気抵抗効果膜114の両端に接続する電極Ta/Cu/Taを積層形成して、磁気抵抗効果型再生ヘッドを形成した。次に、同一基板116上に磁気抵抗効果型再生ヘッドとわずかに離れて10nmFeCo膜/5nmIrMn膜/100nmFeCo膜からなる積層膜を、60回転/分にて回転する3000eの磁場中にて基板を200に加熱しながら成膜した。この成膜の後、この積層膜を図14に示す磁気記録ヘッドの磁気ヨーク111形状に加工し、励起用コイル113を形成した。励起コイル113は磁気ヨーク111に巻きつけられるように形成するが、これは従来知られた方法で行うことができるので、ここでの詳細な説明は省略する。

10

【0063】

この後、磁気抵抗効果型再生ヘッドと磁気記録ヘッドとを一体としてヘッドスライダとして加工してハードディスクドライブに組み込んだ。このハードディスクドライブのトラック幅はヘッドに用いた本発明の積層膜の膜厚と一致し、200nmという非常に狭いトラック幅を実現できた。

【0064】

(実施の形態8)

図15は本実施の形態の垂直磁気記録媒体を説明するための断面図である。

図15に示すように、100nmNiFe膜121/5nmIrMn膜122/100nmNiFe膜123を順次、60回転/分で回転する3000eの磁場中にて基板126を200に加熱しながら成膜した。そして、この上記NiFe膜121/IrMn膜積層膜122/NiFe膜123からなる裏打ち層120の上に100nmCoCr記録層125を積層した後、図示せぬ保護膜を付着して垂直磁気記録媒体が完成する。この実施の形態では、裏打ち層120が異方性分散を持つことから、高記録密度に適した垂直磁気記録媒体が得られた。

20

【0065】

(実施の形態9)

図16は実施の形態9に関する磁気抵抗効果型再生ヘッドを説明するための斜視図である。表面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜等の非磁性膜が形成されたTiC基板130上には、一对の磁気ヨーク131が形成され、この磁気ヨーク131に磁氣的に結合する磁気抵抗効果膜132が形成され、さらのこの磁気抵抗効果膜132の両端には一对の電極134が形成され、磁気抵抗効果膜にセンス電流を付与する。一对の磁気ヨーク131はABSにて磁気ギャップ133を介して対向している。この実施の形態の磁気ヨーク131は、本発明の交換結合膜よりなる異方性が分散した磁気ヨーク131であり、バルクハウゼンノイズの発生率が低く、また透磁率の高い磁気ヨーク131を用いていることから優れた再生特性を備える。

30

40

【0066】

【発明の効果】

本発明によれば、交換結合膜において、磁壁が大きな不可逆的移動することに原因する大きなバルクハウゼンノイズを防止することができる。又、交換結合膜の異方性磁界の向きを略均等に分布させることができ、これによって透磁率を略等方的にすることができる。

【0067】

そしてこの交換結合膜を磁気ヨークとして使用すれば、磁気抵抗効果素子を磁気記録媒体対向面から後退した位置に配置した磁気抵抗効果型磁気ヘッドの低ノイズ化が得られるので、高密度記録をさらに進めることができる。

【図面の簡単な説明】

50

- 【図 1】 本発明の実施の形態 1 を説明するための図である。
- 【図 2】 本発明の実施の形態 1 を説明するための図である。
- 【図 3】 本発明の実施の形態 1 を説明するための図である。
- 【図 4】 本発明の実施の形態 1 の応用例を説明するための図である。
- 【図 5】 本発明の実施の形態 1 の応用例を説明するための図である。
- 【図 6】 本発明の実施の形態 1 の他の応用例を説明するための図である。
- 【図 7】 本発明の実施の形態 1 の他の応用例を説明するための図である。
- 【図 8】 本発明の実施の形態 2 を説明するための図である。
- 【図 9】 本発明の実施の形態 3 を説明するための図である。
- 【図 10】 本発明の実施の形態 3 を説明するための図である。
- 【図 11】 本発明の実施の形態 4 を説明するための図である。
- 【図 12】 本発明の実施の形態 5 を説明するための図である。
- 【図 13】 本発明の実施の形態 6 を説明するための図である。
- 【図 14】 本発明の実施の形態 7 を説明するための図である。
- 【図 15】 本発明の実施の形態 8 を説明するための図である。
- 【図 16】 本発明の実施の形態 9 を説明するための図である。
- 【図 17】 従来技術を説明するための図である。
- 【図 18】 従来技術を説明するための図である。
- 【図 19】 従来技術を説明するための図である。

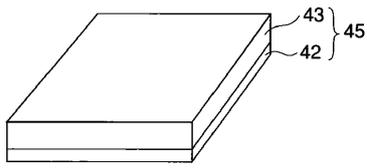
10

## 【符号の説明】

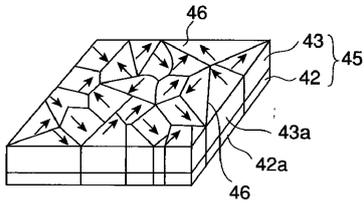
20

- 1、5 1、6 1 ... 基板
- 2、4 2、5 2、6 2 ... 反強磁性膜
- 3、4 3、5 3、6 3 ... 強磁性膜
- 4、6 4 ... 非磁性体層
- 2 4、4 5、5 5、6 5、9 4 ... 交換結合膜
- 2 4、7 6、8 6、1 1 4、1 3 2 ... 磁気抵抗効果素子
- 3 0、7 7、1 1 5、1 3 4 ... 電極
- 2 5、8 8、1 0 3、1 3 3 ... 磁気ギャップ

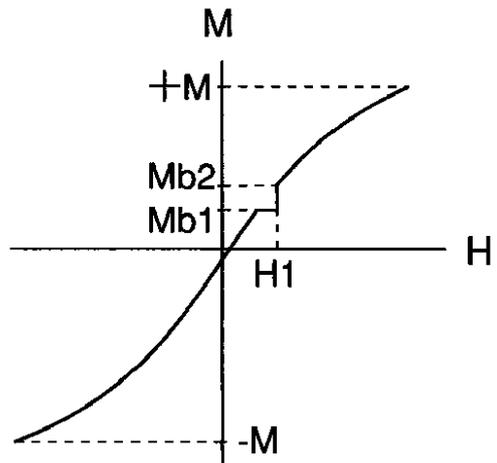
【 図 1 】



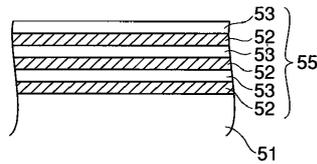
【 図 2 】



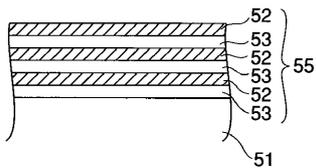
【 図 3 】



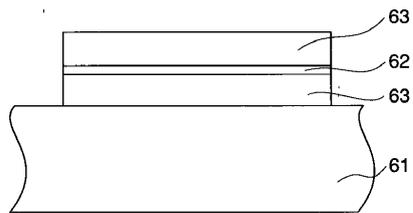
【 図 4 】



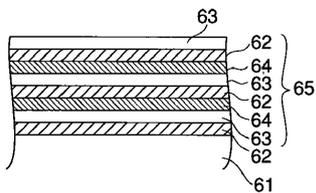
【 図 5 】



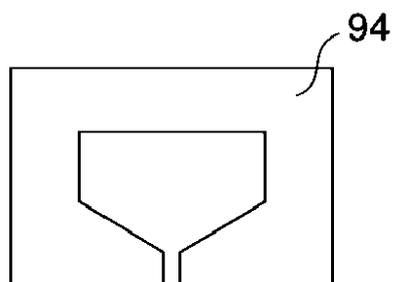
【 図 8 】



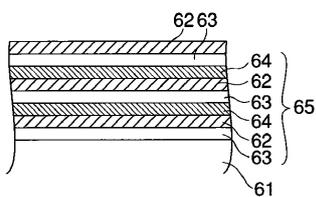
【 図 6 】



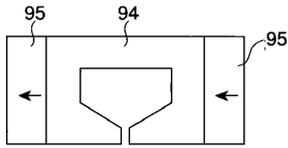
【 図 9 】



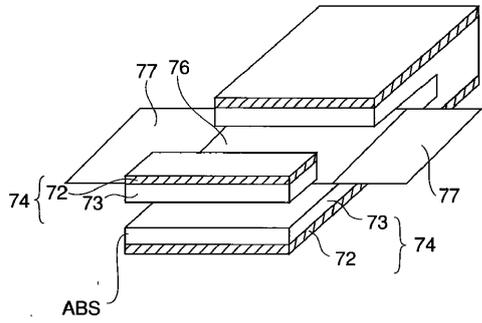
【 図 7 】



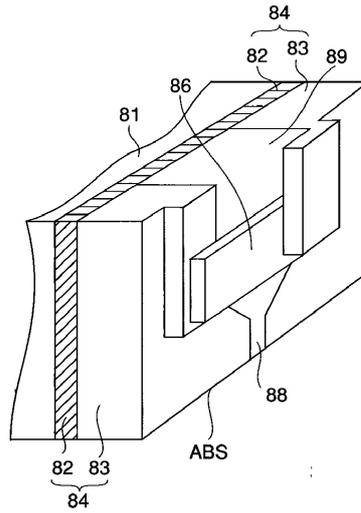
【 図 1 0 】



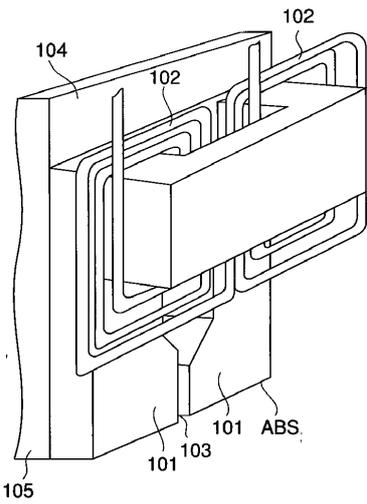
【 図 1 1 】



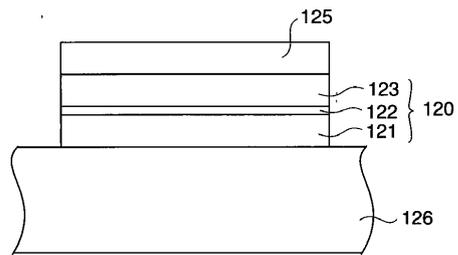
【 図 1 2 】



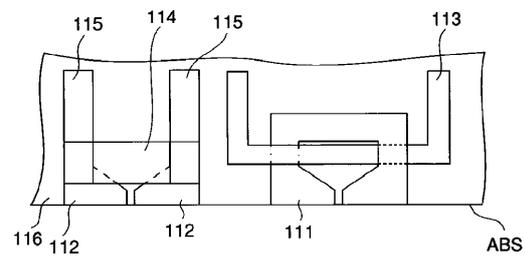
【 図 1 3 】



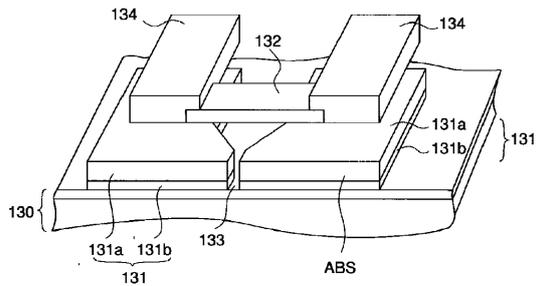
【 図 1 5 】



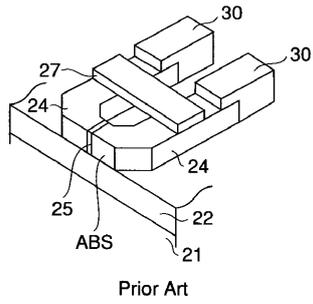
【 図 1 4 】



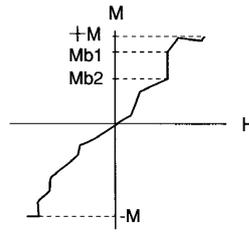
【 図 1 6 】



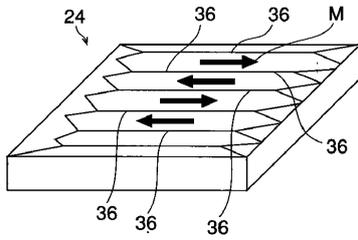
【 17 】



【 19 】



【 18 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 船山 知己  
神奈川県川崎市幸区堀川町7番地 株式会社東芝 川崎事業所内

合議体

審判長 橋本 武

審判官 大澤 孝次

審判官 近藤 幸浩

(56)参考文献 特開平9 - 97409 (JP, A)  
特開平6 - 326377 (JP, A)  
特開平9 - 111419 (JP, A)  
特開平10 - 289434 (JP, A)