

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4160945号  
(P4160945)

(45) 発行日 平成20年10月8日(2008.10.8)

(24) 登録日 平成20年7月25日(2008.7.25)

(51) Int. Cl.	F I	
HO 1 L 43/08 (2006.01)	HO 1 L 43/08	Z
G 1 1 B 5/39 (2006.01)	HO 1 L 43/08	M
HO 1 F 10/14 (2006.01)	G 1 1 B 5/39	
HO 1 F 10/16 (2006.01)	HO 1 F 10/14	
HO 1 F 10/32 (2006.01)	HO 1 F 10/16	

請求項の数 15 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2004-299979 (P2004-299979)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成16年10月14日(2004.10.14)		T D K株式会社
(65) 公開番号	特開2005-244169 (P2005-244169A)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号
(43) 公開日	平成17年9月8日(2005.9.8)	(74) 代理人	100123788
審査請求日	平成17年2月25日(2005.2.25)		弁理士 官崎 昭夫
(31) 優先権主張番号	特願2004-23267 (P2004-23267)	(74) 代理人	100106138
(32) 優先日	平成16年1月30日(2004.1.30)		弁理士 石橋 政幸
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100120628
			弁理士 岩田 慎一
		(74) 代理人	100127454
			弁理士 緒方 雅昭
		(72) 発明者	宮内 大助
			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】 磁気抵抗効果素子、薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、およびハードディスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外部磁界に対して磁化方向が固定されたピンド層と、  
前記外部磁界に応じて磁化方向が変化するフリー層と、  
前記ピンド層と前記フリー層とに挟まれた、銅を主成分とするスペーサ層とを有し、  
前記ピンド層、前記スペーサ層、および前記フリー層の各層を略積層方向にセンス電流が流れ、

前記フリー層は、銅を主成分とする非磁性層と、該非磁性層の両側界面に設けられたコバルト鉄合金からなる第1のコバルト鉄層とを有する少なくとも1つの中間積層体と、

該中間積層体の両側界面に設けられたニッケル鉄合金層と、  
前記中間積層体と前記ニッケル鉄合金層とからなる積層体の、前記スペーサ層に面する側の界面に、該スペーサ層と接して形成された、コバルト鉄合金からなる第2のコバルト鉄層と、

前記中間積層体と前記ニッケル鉄合金層とからなる前記積層体の他方の面に形成された、コバルト鉄合金からなる第3のコバルト鉄層と、  
を有する、磁気抵抗効果素子。

【請求項2】

前記第1、第2、第3のコバルト鉄層のコバルト原子分率は50%以上90%以下であり、

前記ニッケル鉄合金層のニッケル原子分率は70%以上90%以下である、

請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

前記第 1 のコバルト鉄層のコバルト原子分率は 65% 以上 75% 以下である、請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

前記第 2 のコバルト鉄層のコバルト原子分率は 65% 以上 75% 以下である、請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

前記第 3 のコバルト鉄層のコバルト原子分率は 65% 以上 75% 以下である、請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

10

【請求項 6】

前記第 1 のコバルト鉄層の膜厚は、0.2 nm 以上 1 nm 以下である、請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】

前記第 2 のコバルト鉄層の膜厚は、0.5 nm 以上 1.5 nm 以下である、請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】

前記第 2 のコバルト鉄層の膜厚は、略 1 nm である、請求項 7 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】

20

前記第 3 のコバルト鉄層の膜厚は、0.5 nm 以上 1.5 nm 以下である、請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】

前記第 3 のコバルト鉄層の膜厚は、略 1 nm である、請求項 9 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】

前記ニッケル鉄合金層の膜厚は、1.5 nm 以上 3 nm 以下である、請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 12】

前記第 1 のコバルト鉄層は、コバルト原子分率が略 70%、膜厚が略 0.5 nm であり

30

、前記第 2、第 3 のコバルト鉄層は、コバルト原子分率が略 70%、膜厚が略 1 nm であり、

前記ニッケル鉄合金層は、ニッケル原子分率が略 81%、膜厚が略 2 nm である、請求項 2 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 13】

記録媒体に対向する媒体対向面に、該記録媒体に記録されたデータを読み取る請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子を有する薄膜磁気ヘッド。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の薄膜磁気ヘッドを含み、前記記録媒体に対向して配置されるスライダと、

40

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 15】

請求項 13 に記載の薄膜磁気ヘッドを含み、回転駆動される円盤状の記録媒体に対向して配置されるスライダと、

前記スライダを支持するとともに前記記録媒体に対して位置決めする位置決め装置とを有するハードディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

## 【0001】

本発明は磁気抵抗効果素子、薄膜磁気ヘッド、ヘッドジンバルアセンブリ、およびハードディスク装置に関し、特にハードディスク装置の等の磁気記録装置の薄膜磁気ヘッドに用いられる磁気抵抗効果素子に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

磁気記録の高密度化に対応するため、再生素子としてGMR (Giant Magneto-resistive)膜を用いた磁気ヘッドが開発されている。とりわけ、スピバルブ(SV)膜を用いたGMR素子は、記録媒体の記録を読み出すために素子に流されるセンス電流に対する抵抗変化が大きく、より高感度の磁気ヘッドを提供することができる。ここでSV膜とは、磁化の方向が一方向に固定された強磁性膜(以下、ピンド層ともいう。)と、記録媒体が発生する外部磁界に応じて磁化の方向を変える強磁性膜(以下、フリー層ともいう。)との間に非磁性中間層を挟んで構成された積層膜である。SV膜では、フリー層の磁化方向は、ピンド層の磁化方向に対して、外部磁界に応じて相対角度をなし、相対角度に応じて伝導電子のスピン依存散乱が変化して磁気抵抗変化が生じる。磁気ヘッドは、この磁気抵抗変化を検出して、記録媒体の磁気情報を読み取る。

10

## 【0003】

SV膜を使用したMR素子は、従来、膜面に平行にセンス電流を流すCIP (Current in Plane)-GMR素子が中心であったが、最近では、更なる高密度化に対応するため、膜面に垂直にセンス電流を流すCPP (Current Perpendicular to the Plane)-GMR素子を用いた磁気ヘッドの開発も進められている。CPPタイプの素子としては、他にTMR (Tunnel Magneto-resistance)膜を用いたTMR素子があるが、CPP-GMR素子は、TMR素子と比較して低抵抗であること、CIP-GMR素子と比較して狭トラック幅での読み取りでも高出力が得られることから、高いポテンシャルを持つ素子として期待されている。

20

## 【0004】

しかしながら、CIP-GMR素子と同様の膜構成のSV膜をそのままCPP-GMR素子に適用しても、十分な磁気抵抗変化を得ることができない。これは、抵抗変化に寄与する部分(フリー層、ピンド層、非磁性中間層)の抵抗が、素子全体の抵抗の中で占める割合が少ないことが主な原因である。すなわち、CIP-GMR素子の場合、通電方向は膜面内方向であるため、界面におけるスピン依存散乱による磁気抵抗変化が面内方向に十分得られるのに対し、CPP-GMR素子では、センス電流は膜面すなわち界面を垂直に通過するので、界面におけるスピン依存散乱が十分に生じず、しかも、通常のGMR素子では界面数は非磁性中間層とフリー層、ピンド層との間の2つしかないため、界面の磁気抵抗変化への寄与が少ないことが大きな要因である。一方、CPP-GMR素子においては、センス電流が各層を貫通して流れることから、各層内部の伝導電子の散乱、すなわちバルク散乱は一般にCIP素子よりも大きく、磁気抵抗変化に寄与しやすい。このため、CPP-GMR素子では、フリー層、ピンド層を厚くすることが大きな抵抗変化を得るために効果的である。

30

## 【0005】

また、SV膜のフリー層、ピンド層を厚くする代わりに、フリー層またはピンド層に非磁性中間層を挿入し、界面数を増やすことによって磁気抵抗効果を大きくする技術も開示されている(例えば、特許文献1参照)。具体的には、ニッケル鉄合金CoFeBと、非磁性層Cuと、コバルト鉄合金CoFeBとを積層したフリー層構成が提案されている(CoFeB/Cu/CoFeB積層構造)。このような膜構成では、CoFe系合金とCuとの間の界面のスピン分極が大きいいため、スピン依存散乱が促進され、大きな磁気抵抗変化を得ることができる。

40

## 【0006】

さらに、CIP-GMR素子のフリー層のように、CoFe/NiFeを用いた積層構造とCu層とを積層する膜構成も開示されている(NiFe/CoFe/Cu/CoFe/NiFe積層構造。例えば、特許文献2参照)。CoFeとNiFeとを積層することによって、CoFe/Cu界面の大きなスピン分極

50

と、NiFeの軟磁気特性とを併せ持たせることができる。

【特許文献1】特開2003-152239号公報

【特許文献2】特開2003-8103号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

このように、CPP-GMR素子ではフリー層、ピンド層が厚くなる傾向にあるが、フリー層においては、低ノイズ化、スタビリティの確保が重要であり、そのために軟磁気特性が重要となる。さらにヘッドの高感度化の観点からも、軟磁気特性が重要である。高感度化に対しては、記録媒体からの限られた磁束でフリー層の磁化を回転させることが必要となるため、フリー層の膜厚を大きくすることは望ましくない。

10

【0008】

また、特許文献1、2には、磁気抵抗変化の大きなフリー層を構成する技術について、基本的な膜構成は開示されているものの、磁気抵抗変化特性、磁歪等の軟磁気特性を考慮した好適な膜構成は明らかにされていない。

【0009】

本発明は、以上の事情に鑑み、フリー層の軟磁気特性に優れ、かつ、より大きな磁気抵抗変化を得ることのできる磁気抵抗効果素子および薄膜磁気ヘッド等を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0010】

本発明の磁気抵抗効果素子は、外部磁界に対して磁化方向が固定されたピンド層と、外部磁界に応じて磁化方向が変化するフリー層と、ピンド層とフリー層とに挟まれた、銅を主成分とするスペーサ層とを有し、ピンド層、スペーサ層、およびフリー層の各層を略積層方向にセンス電流が流れる。フリー層は、銅を主成分とする非磁性層と、非磁性層の両側界面に設けられたコバルト鉄合金からなる第1のコバルト鉄層とを有する少なくとも1つの中間積層体と、中間積層体の両側界面に設けられたニッケル鉄合金層と、中間積層体とニッケル鉄合金層とからなる積層体の、スペーサ層に面する側の界面に、スペーサ層と接して形成された、コバルト鉄合金からなる第2のコバルト鉄層と、中間積層体とニッケル鉄合金層とからなる積層体の他方の面に形成された、コバルト鉄合金からなる第3のコバルト鉄層と、を有している。

30

【0011】

このように構成された磁気抵抗効果素子では、フリー層に、非磁性層の両側界面をコバルト鉄合金で挟んだ中間積層体を設けることによって、非磁性層界面のスピントランスミッタ率が大きくなり、磁気抵抗効果が増加する。また、中間積層体をニッケル鉄合金で挟むことによって軟磁気特性が改善される。この結果、大きな磁気抵抗変化と、良好な軟磁気特性とを有する磁気抵抗効果素子を得ることができる。また、中間積層体とニッケル鉄合金層とからなる積層体の、スペーサ層に面する側の界面にコバルト鉄合金層を挿入することによって、界面散乱効果を高めるとともに、スペーサ層との拡散を抑え、さらにはバルク散乱効果を高めることもできる。

40

【0013】

ここで、第1、第2、第3のコバルト鉄層のコバルト原子分率はいずれも50%以上90%以下で、かつ、ニッケル鉄合金層のニッケル原子分率は70%以上90%以下であるのが好ましい。

【0014】

また、第1、第2、第3のコバルト鉄層のコバルト原子分率は、各々65%以上75%以下であるのが好ましい。

【0015】

一方、第1のコバルト鉄層の膜厚は、0.2nm以上1nm以下であるのが好ましい。

【0016】

50

第2のコバルト鉄層の膜厚は、0.5 nm以上1.5 nm以下であるのが好ましく、より好ましくは略1 nmである。

【0017】

第3のコバルト鉄層の膜厚は、0.5 nm以上1.5 nm以下であるのが好ましく、より好ましくは略1 nmである。

【0018】

ニッケル鉄合金層の膜厚は、1.5 nm以上3 nm以下であるのが好ましい。

【0019】

さらに、第1のコバルト鉄層は、コバルト原子分率が略70%、膜厚が略0.5 nmであり、第2、第3のコバルト鉄層は、コバルト原子分率が略70%、膜厚が略1 nmであり、ニッケル鉄合金層は、ニッケル原子分率が略81%、膜厚が略2 nmであるのが好ましい。

10

【0020】

本発明の薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面に、記録媒体に記録されたデータを読み取る、上記の磁気抵抗効果素子を有する。

【0021】

本発明のヘッドジンバルアセンブリは、上記の薄膜磁気ヘッドを含み、記録媒体に対向して配置されるスライダと、スライダを弾性的に支持するサスペンションとを有する。

【0022】

本発明のハードディスク装置は、上記の薄膜磁気ヘッドを含み、回転駆動される円盤状の記録媒体に対向して配置されるスライダと、スライダを支持するとともに記録媒体に対して位置決めする位置決め装置とを有する。

20

【発明の効果】

【0023】

以上説明したように、本発明によれば、フリー層に、非磁性層の両界面がコバルト鉄合金で挟まれた中間積層体を用いることで磁気抵抗効果が向上し、この中間積層体をニッケル鉄合金で挟むことで軟磁気特性が改善される。このようにして、CPP-GMR素子のフリー層に求められる磁気特性が一段と改善され、再生出力の品質に優れた磁気抵抗効果素子を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0024】

本発明の磁気抵抗効果素子（以下CPP素子2という。）の実施形態を、図面を用いて説明する。図1は本発明の磁気抵抗素子を用いた薄膜磁気ヘッド1の部分斜視図である。薄膜磁気ヘッド1は読み込み専用のヘッドでもよく、記録部をさらに有するMR/インダクティブ複合ヘッドでもよい。CPP素子2は、上部電極兼シールド3と下部電極兼シールド4との間に挟まれ、先端部が記録媒体21と対向する位置に配置されている。CPP素子2には、図1中の矢印に示すように、上部電極兼シールド3と下部電極兼シールド4との間にかかる電圧によって、上部電極兼シールド3からCPP素子2を積層方向に貫通して下部電極兼シールド4に向かうセンス電流22が流れている。CPP素子2との対向面における記録媒体21の磁界は、記録媒体21の記録媒体移動方向23への移動につれて変化する。CPP素子2は、この磁界の変化を、GMR効果によって得られるセンス電流22の電気抵抗変化として検出することにより、記録媒体21の各磁区に書き込まれた磁気情報を読み出すことができる。

40

【0025】

図2にはCPP素子2の断面構成を示す。本断面は図1におけるA-A方向の断面図であり、ABS面から見た積層構造を示している。なお、ABS面とは、薄膜磁気ヘッド1の、記録媒体21との対向面である。

【0026】

CPP素子2は、NiFeCr層からなる下部電極兼シールド4の上に、Ta/NiCr層からなるバッファ層5、IrMn層からなる反強磁性層6、ピンド層7、Cuからなるスペーサ層8、フ

50

リー層 9、キャップ層 10 がこの順に積層された積層部を有している。スペーサ層 8 の Cu 層には多少の添加物が含まれていてもよく、少なくとも Cu が主成分となっていればよい。バッファ層 5 からキャップ層 10 までの積層部は S V 膜と呼ばれる。キャップ層 10 は Cu 層と Ru 層からなり、S V 膜の劣化防止のために設けられる。キャップ層 10 の上には NiFe 膜からなる上部電極兼シールド 3 が形成されている。ピンド層 7 は、外部磁界に対して磁化方向が固定され、フリー層 9 は、外部磁界に応じて磁化方向が変化する。C P P 素子 2 の側方には、絶縁膜 11 を介して硬質磁性層 12 が形成されている。硬質磁性層 12 はフリー層 9 の磁区を単磁区化するための磁区制御膜である。絶縁膜 11 は  $Al_2O_3$ 、硬質磁性層 12 は CoPt、CoCrPt などが用いられる。再生トラック幅は S V 膜の幅によって規定され、 $0.1 \mu m$  以下程度の幅に形成されている。

10

## 【0027】

表 1 には C P P 素子 2 の膜構成の一例を示す。表 1 は、下部電極兼シールド 4 に接するバッファ層 5 の Ta 層から、上部電極兼シールド 3 に接するキャップ層 10 の Ru 層に向けて積層順に下から上に記載している。

## 【0028】

## 【表 1】

層構成		組成	膜厚(nm)		
キャップ層10		Ru	5		
		Cu	3		
フリー層9	積層体 99	第3CoFe合金層95	Co70Fe30	1	
			NiFe合金層92b	Ni81Fe19	2
		中間積 層体98	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.5
			非磁性層94	Cu	0.2
		第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.5	
		NiFe合金層92a	Ni81Fe19	2	
		第2CoFe合金層91	Co70Fe30	1	
スペーサ層8		Cu	3		
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50	2		
		Cu	0.2		
		Co50Fe50	2		
		非磁性中間層72	Ru	0.8	
		アウターピンド層71	Co70Fe30	4	
反強磁性層6		IrMn	7		
バッファ層5		NiFeCr	5		
		Ta	1		

20

30

## 【0029】

本明細書では、膜構成を示すのに A / B / ( C / D ) × E / F なる表記をする場合がある。ここで x は整数であり、例えば x = 2 の場合、積層体は、層 A、層 B、層 C、層 D、層 C、層 D、層 E、層 F の順に積層されていることを示す。また、Co70Fe30 等の記載は原子分率（数値の単位は %）を意味する。ただし、Co70Fe30 等の表記をする場合であっても、同等の磁気特性が得られる範囲において、他の微量の元素が添加されていてもよく、厳密な意味で、各層が表記された元素だけで構成されることを意味しない。以下、表 1 に基づいて、ピンド層 7 とフリー層 9 について詳細に説明する。

40

## 【0030】

ピンド層 7 は、磁性層であるアウターピンド層 71 と、非磁性中間層 72 と、磁性層であるインナーピンド層 73 とがこの順で積層されたシンセティックピンド層である。シンセティックピンド層では、アウターピンド層 71 とインナーピンド層 73 とが非磁性中間層 72 によって反強磁性的に結合され、ピンド層 7 の実効磁化が抑制され、安定な磁化状態を保つことができる。

## 【0031】

ピンド層 7 に要求される磁気特性は、磁化が強く固定され、外部磁界に対して応答し

50

くいことである。したがって、シンセティックピンド層においては、まず、反強磁性層 6 とアウターピンド層 7 1 との交換結合が強いことが必要とされ、さらに、アウターピンド層 7 1 とインナーピンド層 7 3 との反強磁性的結合が強いことが必要とされる。これらの要求を満たすため、アウターピンド層 7 1 としては、例えば Co50Fe50 が、非磁性中間層 7 2 としては Ru 層が用いられる。また、インナーピンド層 7 3 としては、例えば Co50Fe50/Cu/Co50Fe50 や Co50Fe50 が用いられる。インナーピンド層 7 3 に Cu 層を挿入すると、界面数が増え、界面散乱効果が増加し磁気抵抗効果を大きくする効果が得られる。

#### 【 0 0 3 2 】

C P P - G M R 素子では、磁気抵抗効果に対するバルク散乱の寄与が大きいいため、より厚い磁性膜を用いることによって、より大きな磁気抵抗変化が得られる。また、インナーピンド層 7 3 とアウターピンド層 7 1 の磁化を揃える必要があるため、結果的にアウターピンド層 7 1 も厚くなる。このため、ピンド層 7 の膜厚は全体で 9 n m とかなり大きい。

10

#### 【 0 0 3 3 】

フリー層 9 は、Co70Fe30 からなる第 2 CoFe 合金層 9 1、Ni81Fe19 からなる NiFe 合金層 9 2 a、Co70Fe30 からなる第 1 CoFe 合金層 9 3 a、Cu からなる非磁性層 9 4、第 1 CoFe 合金層 9 3 b と同一の組成、膜厚を持つ第 1 CoFe 合金層 9 3 b、NiFe 合金層 9 2 a と同一の組成、膜厚を持つ NiFe 合金層 9 2 b、Co70Fe30 からなる第 3 CoFe 合金層 9 5 がこの順で積層されて形成されている。非磁性層 9 4 の Cu 層には多少の添加物が含まれていてもよく、少なくとも Cu が主成分となっていればよい。

#### 【 0 0 3 4 】

フリー層 9 の基本膜構成は、より一般的には  $\text{CoFe/NiFe/CoFe/Cu}/(\text{CoFe/NiFe/CoFe/Cu})_x - 1/\text{CoFe/NiFe/CoFe}$  (  $x$  は 1 以上の整数。 ) と表記することができ、上述の構成は  $x = 1$  の場合に相当する。ここで、この基本膜構成がどのような考え方に基づき得られるのかを、各層の機能とともに説明する。

20

#### 【 0 0 3 5 】

フリー層 9 は、まず CoFe/Cu/CoFe ( 第 1 CoFe 合金層 9 3 a / 非磁性層 9 4 / 第 1 CoFe 合金層 9 3 b ) で構成される中間積層体 9 8 を有している。Cu 層である非磁性層 9 4 は界面散乱を増やし、磁気抵抗変化率を大きくするために挿入される。Cu 層の界面散乱効果を高めるためには、Cu 層の両側界面を CoFe 層とするのが好ましく、特に Co70Fe30 を用いることが好ましい。中間積層体 9 8 は複数組でも 1 組でもよい。中間積層体 9 8 の両側界面には NiFe 層 ( NiFe 合金層 9 2 a、9 2 b ) を設けられている。これは、フリー層 9 の軟磁気特性を向上させるためである。本発明では中間積層体 9 8 にやや Fe 原子分率の高い ( Fe リッチ ) Co70Fe30 を用いており、フリー層 9 の軟磁気特性が悪化する可能性がある。軟磁性層である NiFe 合金層 9 2 a、9 2 b は、この軟磁気特性の悪化を補償することができる。

30

#### 【 0 0 3 6 】

この結果、NiFe/中間積層体/NiFe、または NiFe/中間積層体/NiFe/中間積層体/・・・/NiFe という積層体 9 9 が形成される。この積層体 9 9 の両界面をさらに、第 2 CoFe 合金層 9 1 と第 3 CoFe 合金層 9 5 とで覆ったのが上述の基本膜構成である。ここで、第 2 CoFe 合金層 9 1 は、Cu 層であるスペーサ層 8 との間の界面散乱を高める狙いがある。また、第 2 CoFe 合金層 9 1 と第 3 CoFe 合金層 9 5 はともに、スペーサ層 8 やキャップ層 10 の Cu 層との拡散を抑え、バルク散乱を高める狙いがある。さらに、後述するように、第 2 CoFe 合金層 9 1 と第 3 CoFe 合金層 9 5 の組成、膜厚を調整することによって、磁歪や保磁力が適正化される。

40

#### 【 0 0 3 7 】

このようにして、フリー層 9 は、界面散乱の増加等による磁気抵抗変化率の向上と、磁歪の抑制等による軟磁気特性の改善とを図ることが可能となる。なお、ここでは軟磁性層として NiFe を用いたが、代わりに NiFeCo を用いることもできる。

#### 【 0 0 3 8 】

図 3 には、表 1 に示す素子の磁気抵抗変化率の測定例を示す。磁気抵抗変化率の測定においては、下部電極には実際の素子と同じ NiFe 合金を、上部電極には Cu 膜を用いた。S V

50

膜はミリングによって加工され、側方に $Al_2O_3$ からなる絶縁膜が埋め戻された。成膜プロセスにはスパッタ法を用い、成膜後はピンド層7の固定のため、270度、4時間のアニールが施された。SV膜の形状は、 $0.2\ \mu m$ 径のピラー形状とした。図中、横軸は印加磁界、縦軸は磁気抵抗変化率を示す。磁気抵抗変化率は、 $-79.6\ kA/m$ の磁界を印加したときのピラー抵抗Rに対する各磁界強度における抵抗変化 $dR$ の比、すなわち $dR/R$ として得られる。ただし、本明細書においては、磁気抵抗変化率は $dR/R$ の最大値の意味で用いられる。

#### 【0039】

図4には、表1に示す素子の保磁力の測定例を示す。保磁力および磁歪の測定に用いた素子は、酸化Si基板上に成膜したSV膜である。同図はSV膜に面内方向に電流を流したときのMR曲線を示しており、保磁力は、このMR曲線のマイナーループから見積もられた。保磁力はVSM (Vibration sample magnetometer) によって測定することもできるが、MR曲線から見積もるほうがより正確と考えられる。なお、図4において、縦軸の磁気抵抗変化率は参考値に過ぎない。また、磁歪は、サンプルに磁界を印加し、長さの変化 $L/L$ で定義される。

10

#### 【0040】

これらの測定の結果、表1に示す素子は、磁気抵抗変化率 $3.1\%$ 、保磁力 $310\ A/m$ 、磁歪 $3.1 \times 10^{-7}$ であった。これらはいずれも良好な値であり、本発明の磁気抵抗効果素子は、高い磁気抵抗変化率と、小さな磁歪等による良好な軟磁気特性というフリー層に必要な諸特性を満足し、高品質の再生出力を実現できることを意味している。

20

#### 【0041】

このように、表1に示す膜構成は本発明の磁気抵抗変化素子における好ましい実施形態の一つであるが、膜構成は表1に限定されない。そこで、膜構成の好適範囲を検討するため、以下の7種類の検討を行った。

第1の検討：第1 CoFe合金層93a、93b、非磁性層94の有無

第2の検討：第1 CoFe合金層93a、93b、第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95のCo原子分率の好適範囲

第3の検討：NiFe合金層92a、92bのNi原子分率の好適範囲

第4の検討：第1 CoFe合金層93a、93bの膜厚の好適範囲

第5の検討：第2 CoFe合金層91および第3 CoFe合金層95の膜厚の好適範囲

30

第6の検討：NiFe合金層92a、92bの膜厚の好適範囲

第7の検討：非磁性層94の膜厚の好適範囲

以下、順に検討結果を説明する。なお、以下の検討で、「ベースケース」は表1に示した膜構成を意味する。また、フリー層以外の膜構成は表1の膜構成と同一であるため、記載を省略した。

#### 【0042】

(第1の検討) 第1 CoFe合金層93a、93b、非磁性層94の有無

まず、第1 CoFe合金層93a、93b、非磁性層94、すなわち中間積層体98の効果を検討するため、ベースケースと中間積層体98を設けない膜構成との比較をおこなった。フリー層9のトータル厚はいずれのケースも $7\ nm$ とした。表2に結果を示す。Cu層の挿入(中間積層体98の挿入)により、大幅な磁気抵抗変化の向上が確認された。以降の検討では、中間積層体98を挿入したフリー層の膜構成をベースとして、磁気抵抗変化、磁歪、保磁力の観点から、組成、層厚の最適化を図った。

40

#### 【0043】



【表 2】

層構成	組成	膜厚(nm)		
キャップ層10	Ru	5		
	Cu	3		
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30		
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19	2	0
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.5	0
	非磁性層94	Cu	0.2	0
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.5	0
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19	2	5
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30	1	
スペーサ層8	Cu	3		
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50	2	
		Cu	0.2	
		Co50Fe50	2	
	非磁性中間層72	Ru	0.8	
	アウターピンド層71	Co70Fe30	4	
反強磁性層6	IrMn	7		
バンプ層5	NiFeCr	5		
	Ta	1		
磁気抵抗変化率(%)		3.1	2.1	
		ベースケース		

10

20

## 【 0 0 4 4 】

(第2の検討) 第1CoFe合金層93a、93b、第2CoFe合金層91、第3CoFe合金層95のCo原子分率の好適範囲

まず、フリー層9の各CoFe層のCo原子分率が磁気抵抗変化率に及ぼす影響を検討するため、すべてのCoFe層(第1CoFe合金層93a、93b、第2CoFe合金層91、第3CoFe合金層95)のCo原子分率を変えて、磁気抵抗変化率を測定した。表3に結果を示す。磁気抵抗変化率はCo原子分率が低く、Feの原子分率が高いほうが有利である。

## 【 0 0 4 5 】

【表 3】

層構成	組成					
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co90Fe10	Co75Fe25	Co70Fe30	Co65Fe35	Co50Fe50
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19				
	第1CoFe合金層93b	Co90Fe10	Co75Fe25	Co70Fe30	Co65Fe35	Co50Fe50
	非磁性層94	Cu				
	第1CoFe合金層93a	Co90Fe10	Co75Fe25	Co70Fe30	Co65Fe35	Co50Fe50
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19				
	第2CoFe合金層91	Co90Fe10	Co75Fe25	Co70Fe30	Co65Fe35	Co50Fe50
磁気抵抗変化率(%)	2.4	3	3.1	3.1	3.3	
			ベースケース			

30

40

## 【 0 0 4 6 】

フリー層9の各CoFe層のうち、特に磁気抵抗変化に寄与すると考えられるのは、非磁性中間磁性層8に接する第2CoFe合金層91である。そこで次に、第2CoFe合金層91のCo原子分率だけを変え、同様に磁気抵抗変化率を測定した。本検討では特記ない場合、各層の膜厚は「ベースケース」と同一とした。表4に結果を示す。第2CoFe合金層91のCo原子分率と磁気抵抗変化との関係は、表3と同様な傾向にあり、第2CoFe合金層91のCo原子分率の寄与が大ききことが確認された。

## 【 0 0 4 7 】

以上の検討より、第1CoFe合金層93a、93b、第2CoFe合金層91、第3CoFe合金層95のCo原子分率は、90%以下であれば実用上大きな問題はないが、好ましくは75

50

%以下とするのがよい。また、特に第2 CoFe合金層91は、磁気抵抗変化率への寄与の観点から、上記のCo原子分率の範囲内とすることが重要である。

【0048】

なお、上記の組成の中で、Co90Fe10のみがfcc（面心立方）構造の膜であり、その他の組成はbcc（体心立方）構造の膜である。これより、bcc構造のCoFe層を用いることによって、より大きな磁気抵抗変化率が得られることがわかる。

【0049】

【表4】

層構成	組成					
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30				
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19				
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30				
	非磁性層94	Cu				
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30				
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19				
	第2CoFe合金層91	Co90Fe10	Co75Fe25	Co70Fe30	Co65Fe35	Co50Fe50
磁気抵抗変化率(%)	2.6	3	3.1	3.1	3.2	
	ベースケース					

10

【0050】

前述のとおり、フリー層9は磁気抵抗変化率だけでなく、ヘッドの感度やスタビリティの向上のために、軟磁気特性が重要である。そこで、同様にフリー層9の各CoFe層のCo原子分率を変え、保磁力と磁歪を測定した。まず、第1のケースとして、スペーサ層8と隣接する第2 CoFe合金層91以外のCoFe層の組成をCo90Fe10とした。第2 CoFe合金層91のCo原子分率は70%のままとした。これは、上述の検討結果（特に表4）に基づき、磁気抵抗変化率の悪化を避けるためである。次に、第2のケースとして、第2 CoFe合金層91の組成をCo50Fe50とした。第2 CoFe合金層91以外のCoFe層のCo原子分率は70%のままとした。これは、保磁力、磁歪の悪化を避けるためである。

20

【0051】

表5に結果を示す。これより、保磁力、磁歪の観点からは、Co原子分率70%程度がよく、90%でも良好な特性が得られる。しかし、Co原子分率50%では軟磁気特性が悪化する。

30

【0052】

【表5】

層構成	組成		
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co90Fe10	Co70Fe30
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19	
	第1CoFe合金層93b	Co90Fe10	Co70Fe30
	非磁性層94	Cu	
	第1CoFe合金層93a	Co90Fe10	Co70Fe30
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19	
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30	Co50Fe50
保磁力(A/m)	358	310	3980
磁歪	-3.3E-07	-3.1E-07	6.1E-06
	ケース1	ベースケース	ケース2

40

【0053】

これらの検討より、フリー層9の各CoFe層（第1 CoFe合金層93a、93b、第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95）のCo原子分率は、上限値は表3、4に示す磁気抵抗変化によって規定され、90%以下が好ましく、75%以下がより好ましい。下限値は表5、6に示す保磁力と磁歪とによって規定され、50%未満まで下げるとは好ましくなく、保磁力と磁歪をある程度抑えるために、65%程度以上を確保することが望ましい。た、表3～5の結果を総合判断すると、70%付近が最も好ましい。

50

## 【 0 0 5 4 】

(第3の検討) NiFe合金層 9 2 a、9 2 bのNi原子分率の好適範囲

次に、フリー層9のNiFe合金層9 2 a、9 2 bのNi原子分率が保磁力と磁歪に及ぼす影響を検討するため、NiFe合金層9 2 a、9 2 bのNi原子分率を変えて保磁力と磁歪を測定した。各層の膜厚は「ベースケース」と同一とした。表6に結果を示す。Ni81Fe19近傍の組成では、基本的に軟磁気特性が良好であり、磁歪、保磁力とも大きく変ることはない。Ni原子分率は、90%を越えると磁歪が大きな負値となり、70%を下回ると保磁力が増加するので、70%から90%の範囲が好ましく、特に79~83%が好ましい。

## 【 0 0 5 5 】

【表6】

層構成	組成				
フリー層9	第3CoFe合金層95				
	Co70Fe30				
	Ni90Fe10	Ni83Fe17	Ni81Fe19	Ni79Fe21	Ni70Fe30
	第1CoFe合金層93b				
	Co70Fe30				
	非磁性層94				
	Cu				
	第1CoFe合金層93a				
	Co70Fe30				
	Ni90Fe10	Ni83Fe17	Ni81Fe19	Ni79Fe21	Ni70Fe30
	第2CoFe合金層91				
	Co70Fe30				
保磁力(A/m)	358	295	310	318	836
磁歪	-1.7E-06	-5.2E-07	-3.1E-07	-2.9E-07	1.8E-06
			ベースケース		

10

## 【 0 0 5 6 】

(第4の検討) 第1CoFe合金層9 3 a、9 3 bの膜厚の好適範囲

次に、第1CoFe合金層9 3 a、9 3 bの膜厚が磁気抵抗変化率に及ぼす影響を検討するため、第1CoFe合金層9 3 a、9 3 bの膜厚を互いに同一の値で変化させ、磁気抵抗変化率を測定した。表7に結果を示す。磁気抵抗変化率は、膜厚に対して比較的鈍感であるが、1nmを超えると磁気抵抗変化率はほとんど増加しない。一方、フリー層は、高感度化のために飽和磁化と膜厚の積が小さいことが望ましいので、同程度の磁気抵抗変化率であれば、フリー層の膜厚は小さい方が望ましい。これより、膜厚の上限値は1nm程度が好ましい。一方、下限値は、成膜の再現性の観点から、0.2nm程度とした。

## 【 0 0 5 7 】

【表7】

層構成	組成	膜厚(nm)					
キャップ層10	Ru	5					
	Cu	3					
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30					
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19					
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.2	0.3	0.5	1	1.5
	非磁性層94	Cu					
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.2	0.3	0.5	1	1.5
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19					
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30					
スペーサ層8	Cu						
	3						
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50					
		2					
		Cu					
		0.2					
	非磁性中間層72	Ru					
	0.8						
	アウターピンド層71	Co70Fe30					
	4						
反強磁性層6	IrMn						
	7						
バッファ層5	NiFeCr						
	5						
	Ta						
	1						
磁気抵抗変化率(%)		2.8	2.9	3.1	3.3	3.3	
				ベースケース			

40

## 【 0 0 5 8 】

50

(第5の検討) 第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95の膜厚の好適範囲

まず、第2 CoFe合金層91の膜厚が磁気抵抗変化率に及ぼす影響を検討するため、第2 CoFe合金層91の膜厚を変え、磁気抵抗変化率を測定した。表8に結果を示す。磁気抵抗変化率は、膜厚に対して比較的鈍感であるが、膜厚の増加とともに磁気抵抗変化率が徐々に大きくなる。ただし、膜厚を1 nmから1.5 nmに増やしても、磁気抵抗変化率はほとんど変わらず、1.5 nm以上の膜厚とする意味は小さい。第4の検討と同様、フリー層は、同じ磁気抵抗変化率であれば、膜厚は小さいほうがよいので、膜厚の上限値は1.5 nmが好ましい。一方、膜厚を薄くしていくと磁気抵抗変化率が下がっていき、0.3 nmでは大きく磁気抵抗変化率が低下している。これより、膜厚の下限値は0.5 nmが好ましい。

【0059】

【表8】

層構成	組成	膜厚(nm)				
キャップ層10	Ru	5				
	Cu	3				
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30				
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19				
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30				
	非磁性層94	Cu				
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30				
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19				
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30	0.3	0.5	1	1.5
スペーサ層8	Cu	3				
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50				
		Cu				
		Co50Fe50				
	非磁性中間層72	Ru				
	アウターピンド層71	Co70Fe30				
反強磁性層6	IrMn	7				
バッファ層5	NiFeCr	5				
	Ta	1				
磁気抵抗変化率(%)		2.4	2.9	3.1	3.3	3.3
				ベースケース		

【0060】

同様に、第3 CoFe合金層95の膜厚が磁気抵抗変化率に及ぼす影響を検討するため、第3 CoFe合金層95の膜厚を変え、磁気抵抗変化率を測定した。表9に結果を示す。磁気抵抗変化率は、膜厚に対して比較的鈍感であり、上述の理由から膜厚を大きくする必要は小さい。

【0061】

10

20

30

【表 9】

層構成		組成	膜厚(nm)				
キャップ層10		Ru	5				
		Cu	3				
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30	0.5	1	1.5	2	2.5
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19	2				
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.5				
	非磁性層94	Cu	0.2				
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.5				
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19	2				
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30	1				
スペーサ層8		Cu	3				
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50	2				
		Cu	0.2				
		Co50Fe50	2				
	非磁性中間層72	Ru	0.8				
	アウターピンド層71	Co70Fe30	4				
反強磁性層6		IrMn	7				
バッファ層5		NiFeCr	5				
		Ta	1				
磁気抵抗変化率(%)			3	3.1	3.1	3.1	3.1
			ベースケース				

10

## 【0062】

20

そこで、次に、軟磁気特性の観点から好適範囲を検討するため、第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95の膜厚をいずれかまたは両方を0.5 nmとして、保磁力と磁歪を測定した。また、第2 CoFe合金層91については膜厚を1.5 nmとした場合も検討した。表10に結果を示す。

## 【0063】

第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95の膜厚がベースケースよりも減ると、保磁力は減少する傾向にある。一方、第2 CoFe合金層91の膜厚を1.5 nmまで増やすと、保磁力も増えるが、まだ比較的小さな保磁力を維持できる。

## 【0064】

一方、磁歪は、第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95の膜厚が大きく影響する。これらの膜厚がいずれも0.5 nmの場合には磁歪が正の比較的大きな値となり、これ以上膜厚を下げることは好ましくない。しかし、少なくともいずれか一方の層厚を1 nmとすれば、磁歪の絶対値を低減することが可能である。

30

## 【0065】

以上の検討より、第2 CoFe合金層91、第3 CoFe合金層95の膜厚は0.5 nm～1.5 nmの範囲とすれば実用上の問題は少ない。ただし、少なくともいずれかは1 nm程度あるのが好ましく、ともに1 nm付近とするのがより好ましい。

## 【0066】

【表 10】

層構成	組成	膜厚(nm)					
キャップ層10	Ru	5					
	Cu	3					
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30	1	0.5	0.5	1	1
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19	2				
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.5				
	非磁性層94	Cu	0.2				
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.5				
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19	2				
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30	1	0.5	1	0.5	1.5
スペーサ層8	Cu	3					
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50	2				
		Cu	0.2				
		Co50Fe50	2				
	非磁性中間層72	Ru	0.8				
	アウターピンド層71	Co70Fe30	4				
反強磁性層6	IrMn	7					
バッファ層5	NiFeCr	5					
	Ta	1					
保磁力(A/m)	41185	310	239	271	279	517	
磁歪	-1.7E-06	-3.1E-07	2.9E-06	1.3E-06	1.2E-06	-7.0E-07	
		ベースケース					

10

【0067】

20

(第6の検討) NiFe合金層92a、92bの膜厚の好適範囲

次に、NiFe合金層92a、92bの膜厚が磁気抵抗変化率に及ぼす影響を検討するため、NiFe合金層92a、92bの膜厚を互いに同一の値で変化させ、磁気抵抗変化率を測定した。表11に結果を示す。NiFe層厚に対しても、磁気抵抗変化率は比較的鈍感であるが、1nmを下回ると磁気抵抗変化率の点からは好ましくない。また、上述したとおり、フリー層の軟磁気特性はNiFe層に依存しているため、NiFe層が薄くなることは好ましくない。このため、膜厚の下限値は1.5nm程度が好ましい。一方、膜厚を上げていくと、3.5nm付近で磁気抵抗変化率が減少する。これは、磁性層が厚くなりすぎることにより、伝導電子のスピンが保持されずに、むしろ磁気抵抗変化率が低下したためと考えられる。また、同程度の磁気抵抗変化率であれば、フリー層の膜厚は小さいことが望ましい。これらを考慮し、膜厚の上限値は3nm程度が好ましい。

30

【0068】

【表 11】

層構成	組成	膜厚(nm)						
キャップ層10	Ru	5						
	Cu	3						
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30	1					
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19	1	1.5	2	2.5	3	3.5
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.5					
	非磁性層94	Cu	0.2					
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.5					
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19	1	1.5	2	2.5	3	3.5
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30	1					
スペーサ層8	Cu	3						
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50	2					
		Cu	0.2					
		Co50Fe50	2					
	非磁性中間層72	Ru	0.8					
	アウターピンド層71	Co70Fe30	4					
反強磁性層6	IrMn	7						
バッファ層5	NiFeCr	5						
	Ta	1						
磁気抵抗変化率(%)		2.7	2.9	3.1	3.1	3.2	3.1	
				ベースケース				

40

50

## 【 0 0 6 9 】

(第7の検討)非磁性層94の膜厚の好適範囲

次に、非磁性層94の膜厚が磁気抵抗変化率に及ぼす影響を検討するため、非磁性層94の膜厚を変え、磁気抵抗変化率を測定した。表12に結果を示す。磁気抵抗変化率は、非磁性層94の膜厚に対して比較的鈍感であるが、0.2nm程度の層厚が磁気抵抗変化率の観点から適している。

## 【 0 0 7 0 】

以上より、本願発明の磁気抵抗効果素子において、磁気抵抗変化率、保磁力、フリー層の磁歪のいずれもが良好な膜構成の範囲を確認した。

## 【 0 0 7 1 】

## 【表12】

層構成	組成	膜厚(nm)			
キャップ層10	Ru	5			
	Cu	3			
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30			
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19			
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30			
	非磁性層94	Cu	0.1	0.2	0.3
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30			
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19			
	第2CoFe合金層91	Co70Fe30			
スペーサ層8	Cu	3			
ピンド層7	インナーピンド層73	Co50Fe50			
		Cu			
		Co50Fe50			
	非磁性中間層72	Ru			
	アウターピンド層71	Co70Fe30			
反強磁性層6	IrMn				
バッファ層5	NiFeCr				
	Ta				
磁気抵抗変化率(%)		2.8	3.1	2.9	
			ベースケース		

## 【 0 0 7 2 】

最後に、ベースケースの膜構成(表1参照)のCPPヘッドを試作し、素子としての特性を評価した。比較例1として、第1の検討で用いた第1CoFe合金層93a、93b、非磁性層94のないCPPヘッドを試作した。また、比較例2として、第2の検討で用いた第2CoFe合金層91のCo原子分率を50%としたCPPヘッドを試作した。いずれのCPPヘッドも、ジャンクションサイズは0.1 $\mu$ m $\times$ 0.1 $\mu$ mとし、絶縁膜11には膜厚10nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜、硬質磁性層12には膜厚30nmのCoCrPt膜を用いた。測定時のセンス電流は、5mAとした。評価項目は孤立再生波の出力と、ベースケースでの値で規準化したバルクハウゼンノイズの発生確率とした。

## 【 0 0 7 3 】

結果を表13に示す。比較例1は再生出力が大きく劣り、比較例2はバルクハウゼンノイズの発生確率が非常に大きくなり、ヘッドの安定性という点で問題がある。これらの傾向はSV膜としての上述の検討結果ともよく整合しており、本発明に係るSV膜の膜構成は、ヘッドとして組み立てても良好な再生特性が得られることが確認された。

## 【 0 0 7 4 】

10

20

30

40

【表 1 3】

層構成	ベースケース		比較例1		比較例2		
	組成	膜厚(nm)	組成	膜厚(nm)	組成	膜厚(nm)	
キャップ層10	Ru	5	ベースケースと同じ		ベースケースと同じ		
	Cu	3					
フリー層9	第3CoFe合金層95	Co70Fe30	1	ベースケースと同じ		ベースケースと同じ	
	NiFe合金層92b	Ni81Fe19	2	Ni81Fe19	0		
	第1CoFe合金層93b	Co70Fe30	0.5	Co70Fe30	0		
	非磁性層94	Cu	0.2	Cu	0		
	第1CoFe合金層93a	Co70Fe30	0.5	Co70Fe30	0		
	NiFe合金層92a	Ni81Fe19	2	Ni81Fe19	5		
第2CoFe合金層91	Co70Fe30	1	ベースケースと同じ		Co50Fe50	1	
スペーサ層8	Cu	3	ベースケースと同じ		ベースケースと同じ		
ピン層7	インナーピン層73	Co50Fe50	2	ベースケースと同じ		ベースケースと同じ	
		Cu	0.2				
		Co50Fe50	2				
		非磁性中間層72	Ru				
アウターピン層71	Co70Fe30	4					
反強磁性層6	IrMn	7	ベースケースと同じ		ベースケースと同じ		
パツファ層5	NiFeCr	5	ベースケースと同じ		ベースケースと同じ		
	Ta	1					
再生出力(mV)	0.9		0.63		0.95		
規準化バルクハウゼンノイズ発生確率	1		1.1		9.5		

10

【 0 0 7 5 】

次に、上述したCPP素子2をヘッド素子と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5はウエハの概念的な平面図である。ウエハ100は複数の薄膜磁気変換素子集合体101に区画される。薄膜磁気変換素子集合体101は、CPP素子2が積層された薄膜磁気変換素子102を含み、媒体対向面ABSを研磨加工する際の作業単位となる。薄膜磁気変換素子集合体101間および薄膜磁気変換素子102間には切断のための切り代(図示せず)が設けられている。

20

【 0 0 7 6 】

次に、CPP素子2をヘッド素子として用いたヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置について説明する。まず、図6を参照して、ヘッドジンバルアセンブリに含まれるスライダ210について説明する。ハードディスク装置において、スライダ210は、回転駆動される円盤状の記録媒体であるハードディスクに対向するように配置される。スライダ210は、主に図6における基板1およびオーバーコート層17からなる基体211を備えている。基体211は、ほぼ六面体形状をなしている。基体211の六面のうちの一面は、ハードディスクに対向するようになっている。この一面には、媒体対向面となるエアベアリング面20が形成されている。ハードディスクが図6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、図6におけるy方向の下方に揚力が生じる。スライダ210は、この揚力によってハードディスクの表面から浮上するようになっている。なお、図6におけるx方向は、ハードディスクのトラック横断方向である。スライダ210の空気流出側の端部(図6における左下の端部)の近傍には、CPP素子2をヘッド素子として用いた薄膜磁気ヘッド100が形成されている。

30

【 0 0 7 7 】

次に、図7を参照して、CPP素子2をヘッド素子として用いたヘッドジンバルアセンブリ220について説明する。ヘッドジンバルアセンブリ220は、スライダ210と、スライダ210を弾性的に支持するサスペンション221とを備えている。サスペンション221は、例えばステンレス鋼によって形成された板ばね状のロードビーム222と、ロードビーム222の一端部に設けられると共にスライダ210が接合され、スライダ210に適度な自由度を与えるフレクシャ223と、ロードビーム222の他端部に設けられたベースプレート224とを有している。ベースプレート224は、スライダ210をハードディスク262のトラック横断方向xに移動させるためのアクチュエータのアーム230に取り付けられるようになっている。アクチュエータは、アーム230と、アーム230を駆動するボイスコイルモータとを有している。フレクシャ223において、スラ

40

50



イダ 2 1 0 が取り付けられる部分には、スライダ 2 1 0 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。

【 0 0 7 8 】

ヘッドジンバルアセンブリ 2 2 0 は、アクチュエータのアーム 2 3 0 に取り付けられる。1つのアーム 2 3 0 にヘッドジンバルアセンブリ 2 2 0 を取り付けられたものはヘッドアームアセンブリと呼ばれる。また、複数のアームを有するキャリッジの各アームにヘッドジンバルアセンブリ 2 2 0 を取り付けられたものはヘッドスタックアセンブリと呼ばれる。

【 0 0 7 9 】

図 7 は、ヘッドアームアセンブリの一例を示している。このヘッドアームアセンブリでは、アーム 2 3 0 の一端部にヘッドジンバルアセンブリ 2 2 0 が取り付けられている。アーム 2 3 0 の他端部には、ボイスコイルモータの一部となるコイル 2 3 1 が取り付けられている。アーム 2 3 0 の中間部には、アーム 2 3 0 を回動自在に支持するための軸 2 3 4 に取り付けられる軸受け部 2 3 3 が設けられている。

【 0 0 8 0 】

次に、図 8 および図 9 を参照して、C P P 素子 2 をヘッド素子として用い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。図 8 はハードディスク装置の要部を示す説明図、図 9 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 2 5 0 は、複数のアーム 2 5 2 を有するキャリッジ 2 5 1 を有している。複数のアーム 2 5 2 には、複数のヘッドジンバルアセンブリ 2 2 0 が、互いに間隔を開けて垂直方向に並ぶように取り付けられている。キャリッジ 2 5 1 においてアーム 2 5 2 の反対側には、ボイスコイルモータの一部となるコイル 2 5 3 が取り付けられている。ヘッドスタックアセンブリ 2 5 0 は、ハードディスク装置に組み込まれる。ハードディスク装置は、スピンドルモータ 2 6 1 に取り付けられた複数枚のハードディスク 2 6 2 を有している。ハードディスク 2 6 2 毎に、ハードディスク 2 6 2 を挟んで対向するように 2 つのスライダ 2 1 0 が配置される。また、ボイスコイルモータは、ヘッドスタックアセンブリ 2 5 0 のコイル 2 5 3 を挟んで対向する位置に配置された永久磁石 2 6 3 を有している。

【 0 0 8 1 】

スライダ 2 1 0 を除くヘッドスタックアセンブリ 2 5 0 およびアクチュエータは、本発明における位置決め装置に対応し、スライダ 2 1 0 を支持すると共にハードディスク 2 6 2 に対して位置決めする。

【 0 0 8 2 】

本ハードディスク装置では、アクチュエータによって、スライダ 2 1 0 をハードディスク 2 6 2 のトラック横断方向に移動させて、スライダ 2 1 0 をハードディスク 2 6 2 に対して位置決めする。スライダ 2 1 0 に含まれる薄膜磁気ヘッドは、記録ヘッドによって、ハードディスク 2 6 2 に情報を記録し、C P P 素子 2 をヘッド素子として用いた再生ヘッドによって、ハードディスク 2 6 2 に記録されている情報を再生する。

【 0 0 8 3 】

なお、本発明の磁気抵抗効果素子は、以上説明した範囲に限定されない。たとえばピンド層としては、シンセティックピンド層だけでなく単層の強磁性層を用いてもよい。NiFe 層は、同様な軟磁気特性が維持される範囲内であれば、微量の Co をはじめとする元素を添加してもよい。さらに、S V 膜の全体構成としてボトム S V 膜に限定されるものではなく、デュアル S V 膜としてもよい。その場合は、フリー層上に非磁性中間層、シンセティックピンド層、反強磁性層、キャップ層がこの順で積層された膜構成となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 4 】

【 図 1 】 本発明の磁気抵抗効果素子を組み込んだ薄膜磁気ヘッドの斜視図である。

【 図 2 】 図 1 に示す磁気抵抗効果素子を A B S 面から見た断面図である。

【 図 3 】 本発明の磁気抵抗効果素子の磁気抵抗変化率の測定例を示す図である。

【 図 4 】 本発明の磁気抵抗効果素子の保磁力の測定例を示す図である。

【 図 5 】 本発明の磁気抵抗効果素子を組み込んだ薄膜磁気ヘッドの製造に係るウエハの平

10

20

30

40

50

面図である。

【図6】本発明の磁気抵抗効果素子を組み込んだヘッドジンバルアセンブリに含まれるスライダを示す斜視図である。

【図7】本発明の磁気抵抗効果素子を組み込んだヘッドジンバルアセンブリを含むヘッドアームアセンブリを示す斜視図である。

【図8】本発明の磁気抵抗効果素子を組み込んだハードディスク装置の要部を示す説明図である。

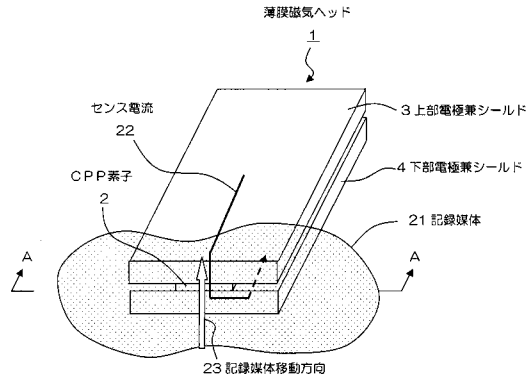
【図9】本発明の磁気抵抗効果素子を組み込んだハードディスク装置の平面図である。

【符号の説明】

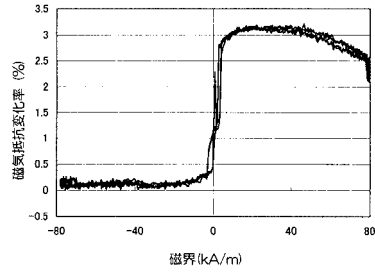
【0085】

- |             |           |    |
|-------------|-----------|----|
| 1           | 薄膜磁気ヘッド   |    |
| 2           | CPP素子     |    |
| 3           | 上部電極兼シールド |    |
| 4           | 下部電極兼シールド |    |
| 5           | バッファ層     |    |
| 6           | 反強磁性層     |    |
| 7           | ピンド層      |    |
| 7 1         | アウターピンド層  |    |
| 7 2         | 非磁性中間層    |    |
| 7 3         | インナーピンド層  | 20 |
| 8           | 非磁性中間層    |    |
| 9           | フリー層      |    |
| 9 1         | 第2 CoFe層  |    |
| 9 2 a、9 2 b | NiFe層     |    |
| 9 3 a、9 3 b | 第1 CoFe層  |    |
| 9 4         | 非磁性層      |    |
| 9 5         | 第3 CoFe層  |    |
| 1 0         | 上部磁極層     |    |
| 1 0         | キャップ層     |    |
| 1 1         | 絶縁膜       | 30 |
| 1 2         | 硬質磁性層     |    |
| 2 1         | 記録媒体      |    |
| 2 2         | センス電流     |    |
| 2 3         | 記録媒体移動方向  |    |

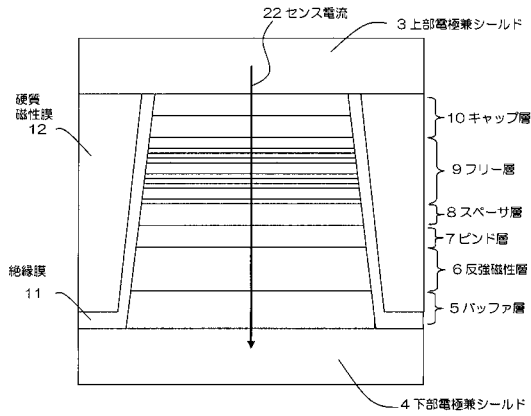
【図1】



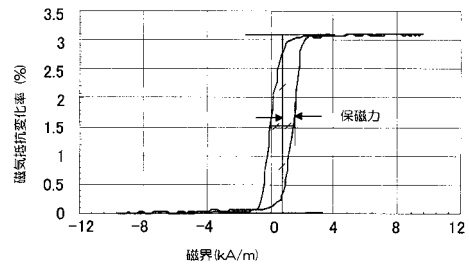
【図3】



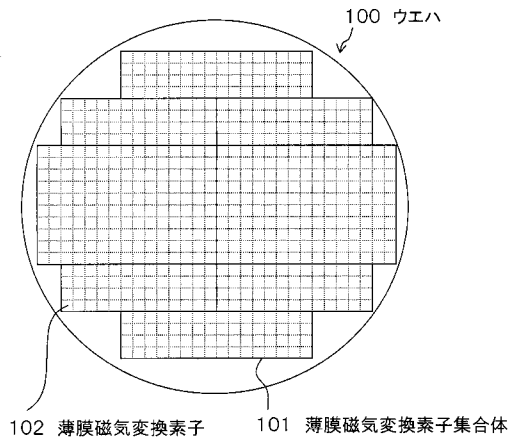
【図2】



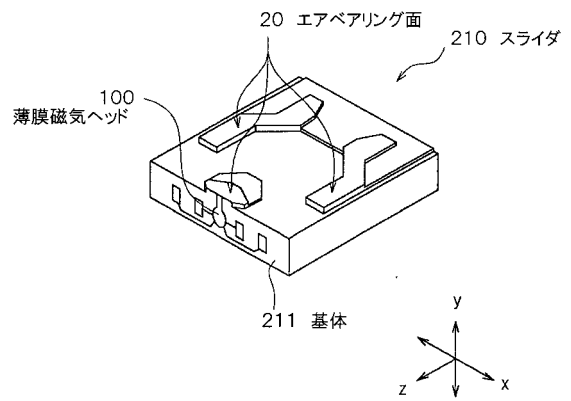
【図4】



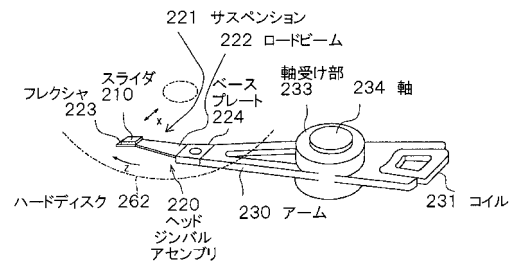
【図5】



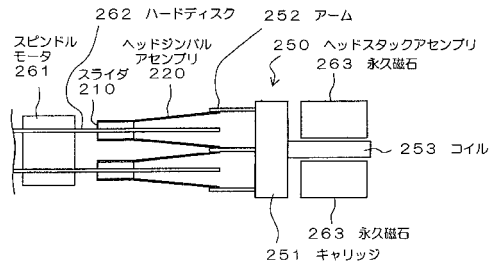
【図6】



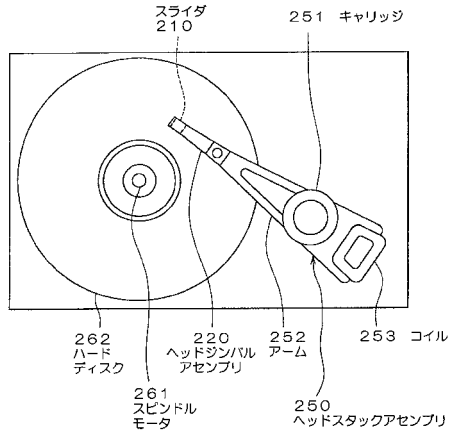
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 F 10/32

(72)発明者 水野 友人  
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 川村 裕二

(56)参考文献 特開2003-008102(JP,A)  
特開2002-374017(JP,A)  
特開2003-092442(JP,A)  
特開2003-204093(JP,A)  
特開2004-172599(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H 0 1 L 4 3 / 0 8  
G 1 1 B 5 / 3 9  
H 0 1 F 1 0 / 1 4  
H 0 1 F 1 0 / 1 6  
H 0 1 F 1 0 / 3 2