

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4483687号  
(P4483687)

(45) 発行日 平成22年6月16日(2010.6.16)

(24) 登録日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 43/08 (2006.01)	HO 1 L 43/08	M
GO 1 R 33/09 (2006.01)	GO 1 R 33/06	R
HO 1 F 10/16 (2006.01)	HO 1 L 43/08	Z
HO 1 F 10/32 (2006.01)	HO 1 F 10/16	
G 1 1 B 5/39 (2006.01)	HO 1 F 10/32	

請求項の数 13 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2005-132460 (P2005-132460)	(73) 特許権者	000003067
(22) 出願日	平成17年4月28日(2005.4.28)		T D K株式会社
(65) 公開番号	特開2006-310623 (P2006-310623A)		東京都中央区日本橋一丁目13番1号
(43) 公開日	平成18年11月9日(2006.11.9)	(74) 代理人	100085453
審査請求日	平成18年3月2日(2006.3.2)		弁理士 野▲崎▼ 照夫
		(74) 代理人	100121049
			弁理士 三輪 正義
		(72) 発明者	井出 洋介
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内
		(72) 発明者	斎藤 正路
			東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気検出素子及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性材料層を介して形成され、外部磁界により磁化方向が変動するフリー磁性層、を有する磁気検出素子において、

前記フリー磁性層は、組成式が  $C o_g M n_h X_i R h_j$  (元素XはGe、Ga、In、Si、Pb、Zn、Sn、Al、Sbのうち1種または2種以上、g、h、i、jは原子%であり、 $g + h + i + j = 100$ 原子%) で表される金属化合物からなるCoMnXRh合金層を有しており、前記CoMnXRh合金層中の前記Rhの原子%濃度が4原子%以上10原子%以下であり、前記CoMnXRh合金層の下面から上面に向けて、Rh元素の組成比が変調していることを特徴とする磁気検出素子。

10

【請求項2】

前記CoMnXRh合金層中の前記Rhの原子%濃度が7原子%以上10原子%以下である請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項3】

前記CoMnXRh合金層の下面から上面に向けて、Rh元素の組成比が増加する領域と、減少する領域とが交互に現われる請求項1又は2に記載の磁気検出素子。

【請求項4】

前記フリー磁性層は、CoMnXRh合金層の上下に、磁性材料の拡散抑制層が形成された積層構造であり、前記拡散防止層が前記非磁性材料層との界面に接して形成されている請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気検出素子。

20

## 【請求項 5】

前記拡散抑制層は C o F e 合金で形成される請求項 4 記載の磁気検出素子。

## 【請求項 6】

反強磁性層と、この反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される前記固定磁性層と、前記固定磁性層に前記非磁性材料層を介して形成された前記フリー磁性層とを有する請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の磁気検出素子。

## 【請求項 7】

前記フリー磁性層の上下に積層された非磁性材料層と、一方の前記非磁性材料層の上および他方の前記非磁性材料層の下に位置する前記固定磁性層を有する請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の磁気検出素子。

10

## 【請求項 8】

一方の前記固定磁性層の上および他方の前記固定磁性層の下に位置して、交換異方性磁界によりそれぞれの前記固定磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層を有する請求項 7 記載の磁気検出素子。

## 【請求項 9】

前記固定磁性層、非磁性材料層、及びフリー磁性層の膜面に対して垂直方向にセンス電流が流される請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の磁気検出素子。

## 【請求項 10】

磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性材料層を介して形成され、外部磁界により磁化方向が変動するフリー磁性層、を有する磁気検出素子の製造方法において、

20

前記フリー磁性層を、組成式が  $C o g M n h X i$  (元素 X は G e、G a、I n、S i、P b、Z n、S n、A l、S b のうち 1 種または 2 種以上、 $g + h + i = 100$  原子%) で表される金属化合物からなる C o M n X 合金層と、R h からなる中間層との積層して形成し、このとき前記中間層の膜厚を 1.0 以上 3.0 以下にし、

前記磁気検出素子を形成したのち、前記磁気検出素子に対し熱処理を施すことを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

## 【請求項 11】

前記中間層の膜厚を 2.0 以上 3.0 以下にする請求項 10 記載の磁気検出素子の製造方法。

30

## 【請求項 12】

前記 C o M n X 層と前記中間層とを一回ずつ積層した積層構成を一単位とし、この一単位に占める前記中間層の膜厚比率を、 $[\text{元素中間層の膜厚} / (\text{C o M n X 合金層の膜厚} + \text{中間層の膜厚})]$  と表したとき、前記中間層の膜厚比率を、0.04 以上 0.13 以下とする請求項 10 または 11 記載の磁気検出素子の製造方法。

## 【請求項 13】

個々の C o M n X 合金層の膜厚を、1.0 以上 4.0 以下とする請求項 10 ないし 12 のいずれかに記載の磁気検出素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

40

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性材料層を介して形成され、外部磁界による磁化方向が変動するフリー磁性層、を有する磁気検出素子に係り、特に、磁気抵抗変化量  $R$  と素子面積  $A$  の積  $RA$  を高く維持できるとともに磁歪を低減することが可能な磁気検出素子及びその製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

図 11 は従来における磁気検出素子 (スピンバルブ型薄膜素子) を記録媒体との対向面と平行な方向から切断した部分断面図である。

50

## 【0003】

図11に示す符号1はTaからなる下地層であり、下地層1の上にCrなどのbcc構造(体心立方構造)の金属からなるシード層2が形成されている。

## 【0004】

シード層2の上には、反強磁性層3、固定磁性層4、非磁性材料層5、フリー磁性層6、保護層7が順次積層された多層膜Tが形成されている。

## 【0005】

保護層7はTa、非磁性材料層5はCu、フリー磁性層6及び固定磁性層4はCo<sub>2</sub>MnGeなどのホイスラー合金、反強磁性層3はPtMnによって形成されている。

## 【0006】

多層膜T1の上下には電極層10, 10が設けられており、多層膜の膜面垂直方向に直流のセンス電流が流される。

## 【0007】

反強磁性層6と固定磁性層5との界面で交換結合磁界が発生し、前記固定磁性層5の磁化はハイト方向(図示Y方向)に固定される。

## 【0008】

フリー磁性層6の両側にはCoPtなどの硬磁性材料からなるハードバイアス層8が形成され、ハードバイアス層8の上下及び端部は絶縁層9によって絶縁されている。ハードバイアス層8からの縦バイアス磁界によりフリー磁性層3の磁化は、トラック幅方向(図示X方向)に揃えられる。

## 【0009】

図11に示される磁気検出素子に、外部磁界が印加されると、フリー磁性層の磁化方向が固定磁性層の磁化方向に対して相対的に変動して、多層膜の抵抗値が変化する。一定の電流値のセンス電流が流れている場合には、この抵抗値の変化を電圧変化として検出することにより、外部磁界を検知する。

## 【0010】

ホイスラー合金からなるフリー磁性層を有する磁気検出素子は、特許文献1(特開2003-218428号公報)に記載されている。

【特許文献1】特開2003-218428号公報

## 【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

## 【0011】

前記フリー磁性層をホイスラー合金を主体として形成することで、磁気抵抗変化量Rと素子面積Aの積RAを高く出来ることがわかっている。前記RAの向上は、今後の高記録密度化に向けたCPP型磁気検出素子の実用化にとって非常に重要な条件である。

## 【0012】

しかしながら、ホイスラー合金を用いることで前記RAは向上するものの、フリー磁性層の磁歪が大きくなるといった問題があった。フリー磁性層の磁歪が大きいと成膜ひずみや、他層との熱膨張係数差等によって応力の影響が大きくなる、また、ヘッド動作時にノイズの要因となる等、色々と問題があるため、高RAを維持しつつ前記フリー磁性層の磁歪を小さくしなければならないといった課題が新たに発生した。

## 【0013】

そこで本発明は、上記従来課題を解決するためのものであり、RAを高く維持できるとともに磁歪を低減することが可能な磁気検出素子及びその製造方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

## 【0014】

本発明は、磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性材料層を介して形成され、外部磁界により磁化方向が変動するフリー磁性層、を有する磁気検出素子において、

10

20

30

40

50

前記フリー磁性層は、組成式が  $C o_g M n_h X_i R h_j$  (元素XはGe、Ga、In、Si、Pb、Zn、Sn、Al、Sbのうち1種または2種以上、g、h、i、jは原子%であり、 $g + h + i + j = 100$ 原子%)で表される金属化合物からなるCoMnXRh合金層を有しており、前記CoMnXRh合金層中の前記Rhの原子%濃度が4原子%以上10原子%以下であり、前記CoMnXRh合金層の下面から上面に向けて、Rh元素の組成比が変調していることを特徴とするものである。

【0015】

本発明では、前記フリー磁性層の磁歪を、従来に比べて低減できる。

本発明では、前記CoMnXRh合金層中の前記Rhの原子%濃度が7原子%以上10原子%以下であることが好ましい。

10

【0016】

また、前記CoMnXRh合金層の下面から上面に向けて、Rh元素の組成比が増加する領域と、減少する領域とが交互に現われていてもよい。

【0020】

また本発明では、前記フリー磁性層は、CoMnXRh合金層の上下に、磁性材料の拡散抑制層が形成された積層構造であり、前記拡散防止層が前記非磁性材料層との界面に接して形成されていることが好ましく、具体的には、前記拡散抑制層はCoFe合金で形成されることが好ましい。これにより前記CoMnXRh合金層が前記非磁性材料層に拡散することを適切に抑制することが出来る。

【0021】

20

また本発明では、反強磁性層と、この反強磁性層と接して形成され、前記反強磁性層との交換異方性磁界により磁化方向が固定される前記固定磁性層と、前記固定磁性層に前記非磁性材料層を介して形成された前記フリー磁性層とを有することが好ましい。

【0022】

また本発明では、前記フリー磁性層の上下に積層された非磁性材料層と、一方の前記非磁性材料層の上および他方の前記非磁性材料層の下に位置する前記固定磁性層を有する構成であってもよい。かかる場合、一方の前記固定磁性層の上および他方の前記固定磁性層の下に位置して、交換異方性磁界によりそれぞれの前記固定磁性層の磁化方向を一定の方向に固定する反強磁性層を有することが好ましい。

【0023】

30

また本発明は、特に、前記固定磁性層、非磁性材料層、及びフリー磁性層の膜面に対して垂直方向にセンス電流が流されるCPP型磁気検出素子の構造に効果的に適用できる。

磁化方向が固定される固定磁性層と、前記固定磁性層に非磁性材料層を介して形成され、外部磁界により磁化方向が変動するフリー磁性層、を有する磁気検出素子の製造方法において、

前記フリー磁性層を、組成式が  $C o_g M n_h X_i$  (元素XはGe、Ga、In、Si、Pb、Zn、Sn、Al、Sbのうち1種または2種以上、 $g + h + i = 100$ 原子%)で表される金属化合物からなるCoMnX合金層と、Rhからなる中間層との積層して形成し、このとき前記中間層の膜厚を1.0以上3.0以下にし、

前記磁気検出素子を形成したのち、前記磁気検出素子に対し熱処理を施すことを特徴とするものである。

40

これにより前記CoMnX合金層やCoMnXRh合金層の結晶構造を規則化してL<sub>21</sub>型あるいはB<sub>2</sub>型の結晶構造にすることができる。

【0024】

これにより、RAを高い値に維持しつつ磁歪も低減できる磁気検出素子を容易に製造することが出来る。

【0025】

本発明では、前記中間層の膜厚を2.0以上3.0以下にすることが好ましい。

本発明では、前記CoMnX合金層と、前記中間層とを交互に積層して形成することが好ましい。

50

## 【0026】

このとき、前記CoMnX層と前記中間層とを一回ずつ積層した積層構成を一単位とし、この一単位に占める前記中間層の膜厚比率を、 $[\text{元素中間層の膜厚} / (\text{CoMnX合金層の膜厚} + \text{中間層の膜厚})]$ と表したとき、前記中間層の膜厚比率を、0.04以上0.13以下とすることが好ましい。

## 【0027】

前記中間層の膜厚比率を大きくすれば、前記フリー磁性層の磁歪を低減させることが出来るが、逆にRAの減少が大きくなるので、前記中間層の膜厚比率を上記範囲内で調整することが、磁歪の低減効果とRAの大きさを高く維持できて好ましい。

## 【0028】

本発明では、個々のCoMnX合金層の膜厚を、10以上40以下とすることが好ましい。

## 【発明の効果】

## 【0030】

本発明では、CoMnX合金を主体とする前記フリー磁性層のなかに、Rhが多く存在している領域が形成されている。RhがCoMnX合金の中に拡散してCoMnXRh合金を形成していてもよいし、Rhからなる中間層がCoMnX合金層と区別できる中間層として存在していてもよい。

## 【0031】

前記CoMnXRh合金中の前記Rhの原子%濃度を4原子%以上10原子%以下にすることによりRAを高い値に維持しつつ、フリー磁性層の磁歪を低減できる。

## 【0032】

また、Rhからなる前記中間層の膜厚を1.5以上3.0以下にすることにより、RAを高い値に維持しつつ、フリー磁性層の磁歪を低減できる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0033】

図1は本発明の実施形態のCPP型のデュアルスピバルブ型薄膜素子の積層構造を示す模式図である。

## 【0034】

このデュアルスピバルブ型薄膜素子は、ハードディスク装置に設けられた浮上式スライダのトレーリング側端部などに設けられて、ハードディスクなどの記録磁界を検出するものである。なお、ハードディスクなどの磁気記録媒体の移動方向はZ方向であり、磁気記録媒体からの洩れ磁界の方向はY方向である。

## 【0035】

図1の最も下に形成されているのはTa, Hf, Nb, Zr, Ti, Mo, Wのうち1種または2種以上の元素などの非磁性材料で形成された下地層1である。この下地層1の上に、シード層2が設けられる。前記シード層2は、NiFeCrまたはCrによって形成される。前記シード層2をNiFeCrによって形成すると、前記シード層2は、面心立方(fcc)構造を有し、膜面と平行な方向に{111}面として表される等価な結晶面が優先配向しているものになる。また、前記シード層2をCrによって形成すると、前記シード層2は、体心立方(bcc)構造を有し、膜面と平行な方向に{110}面として表される等価な結晶面が優先配向しているものになる。

## 【0036】

なお、下地層1は非晶質に近い構造を有するが、この下地層1は形成されなくともよい。

## 【0037】

前記シード層2の上に形成された反強磁性層3は、元素X(ただしXは、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうち1種または2種以上の元素である)とMnとを含有する反強磁性材料で形成されることが好ましい。

## 【0038】

10

20

30

40

50

これら白金族元素を用いた X - Mn 合金は、耐食性に優れ、またブロッキング温度も高く、さらに交換結合磁界 (Hex) を大きくできるなど反強磁性材料として優れた特性を有している。

【0039】

また本発明では、前記反強磁性層 3 は、元素 X と元素 X (ただし元素 X は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち 1 種または 2 種以上の元素である) と Mn とを含有する反強磁性材料で形成されてもよい。

【0040】

前記反強磁性層 3 の元素 X あるいは元素 X + X の原子% を 45 (原子%) 以上で 60 (原子%) 以下に設定することが好ましい。より好ましくは 49 (原子%) 以上で 56.5 (原子%) 以下である。これによって成膜段階において、固定磁性層 4 との界面が非整合状態にされ、しかも前記反強磁性層 3 は熱処理によって適切な規則変態を起すものと推測される。

【0041】

下側固定磁性層 4 は、第 1 固定磁性層 4 a、非磁性中間層 4 b、第 2 固定磁性層 4 c ならなる多層膜構造で形成される。前記反強磁性層 3 との界面での交換結合磁界及び非磁性中間層 4 b を介した反強磁性的交換結合磁界 (RKKY の相互作用) により前記第 1 固定磁性層 4 a と第 2 固定磁性層 4 c の磁化方向は互いに反平行状態にされる。これは、いわゆる積層フェリ構造と呼ばれ、この構成により下側固定磁性層 4 の磁化を安定した状態にでき、また前記下側固定磁性層 4 と反強磁性層 3 との界面で発生する交換結合磁界を見かけ上大きくすることができる。

【0042】

ただし前記下側固定磁性層 4 は第 2 固定磁性層 4 c のみから構成され積層フェリ構造で形成されていなくてもよい。

【0043】

なお前記第 1 固定磁性層 4 a は例えば 15 ~ 35 程度で形成され、非磁性中間層 4 b は 8 ~ 10 程度で形成され、第 2 固定磁性層 4 c は 20 ~ 60 程度で形成される。

【0044】

第 1 固定磁性層 4 a は CoFe、NiFe、CoFeNi などの強磁性材料で形成されている。また非磁性中間層 4 b は、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cu などの非磁性導電材料で形成される。

【0045】

第 2 固定磁性層 4 c は、非磁性材料層 5 に接する CoMnX 合金層 4 c 1 (X は Ge、Ga、In、Si、Pb、Zn、Sn、Al、Sb のうち 1 種または 2 種以上) と非磁性中間層側磁性層 4 c 2 の 2 層構造として成膜される。また、前記非磁性中間層側磁性層 4 c 2 は、NiFe、CoFeNi、CoFe などの強磁性材料で形成されている。特に、前記第 1 固定磁性層 4 a と、非磁性中間層側磁性層 4 c 2 は共に、CoFe 合金で形成されることが好ましい。これにより前記非磁性中間層 4 c 2 と、前記第 1 固定磁性層 4 a との間を生じる RKKY 相互作用を大きくでき、前記第 1 固定磁性層 4 a とともに第 2 固定磁性層 4 c を強固に磁化固定することが出来る。

【0046】

前記固定磁性層 4 の上に形成された非磁性材料層 5 は、Cu、Au、または Ag で形成されている。Cu、Au、または Ag で形成された非磁性材料層 5 は、面心立方 (fcc) 構造を有し、膜面と平行な方向に {111} 面として表される等価な結晶面が優先配向している。

【0047】

前記非磁性材料層 5 上にはフリー磁性層 6 が形成されている。前記フリー磁性層 6 上に

10

20

30

40

50

は、非磁性材料層 7 が形成され、材質は上記した前記非磁性材料層 5 に使用される材質から選択される。前記非磁性材料層 7 上には上側固定磁性層 8 が形成されている。前記上側固定磁性層 8 は、下から、第 2 固定磁性層 8 c、非磁性中間層 8 b 及び第 1 固定磁性層 8 a の順で積層された積層フェリ構造である。前記第 1 固定磁性層 8 a、非磁性中間層 8 b 及び第 2 固定磁性層 8 c の各材質は、上記した前記第 1 固定磁性層 4 a、非磁性中間層 4 b 及び第 2 固定磁性層 4 c に使用される材質からそれぞれ選択される。また前記第 2 固定磁性層 8 c は、前記第 2 固定磁性層 4 c と同様に、非磁性材料層 7 に接する CoMnXRh 合金層 8 c 1 と非磁性中間層側磁性層 8 c 2 の 2 層構造として成膜される。また、上側固定磁性層 8 は第 2 固定磁性層 8 c のみで構成されていてもよい。

【0048】

10

前記上側固定磁性層 8 上には上側反強磁性層 9 が形成される。前記上側反強磁性層 9 の材質は、下側反強磁性層 2 に使用される材質から選択される。前記上側反強磁性層 9 上には Ta 等の保護層 10 が形成される。

【0049】

前記フリー磁性層 6 はトラック幅方向（図示 X 方向）と平行な方向に磁化されている。一方、固定磁性層 4, 8 を構成する第 1 固定磁性層 4 a, 8 a 及び第 2 固定磁性層 4 c, 8 c はハイト方向（図示 Y 方向）と平行な方向に磁化されている。前記固定磁性層 4, 8 は積層フェリ構造であるため、第 1 固定磁性層 4 a, 8 a と第 2 固定磁性層 4 c, 8 c はそれぞれ反平行に磁化されている。

【0050】

20

本実施の形態における特徴的部分は、フリー磁性層 6 が CoMnXRh 合金層 6 b を有して構成されている点である。CoMnXRh 合金層とは、組成式が  $Co_g Mn_h X_i Rh_j$ （X は Ge、Ga、In、Si、Pb、Zn、Sn、Al、Sb のうち 1 種または 2 種以上、g、h、i、j は原子%であり、 $g + h + i + j = 100$  原子%）で表される金属化合物からなる層である。なお、 $g : h : i = 2 : 1 : 1$  である。

【0051】

フリー磁性層 6 が CoMnXRh 合金層 6 b を有していることにより、フリー磁性層 6 の磁歪を低減することができる。

【0052】

CoMnXRh 合金層 6 b の下面から上面に向けて、元素 Rh の組成比が増加する領域と、減少する領域とが交互に現われている。

30

【0053】

前記 CoMnXRh 合金層中の前記 Rh の原子%濃度が 4 原子%以上 10 原子%以下、より好ましくは 7 原子%以上 10 原子%以下であると、磁歪を著しく低減することができる。また、磁気検出素子の RA を高く維持することができる。ここで「CoMnXRh 合金中の Rh の原子%濃度」とは、例えば、SIMS 分析装置等により多数箇所、元素 Rh の原子%濃度を求め、それを平均化したものである。

【0054】

図 1 に示すように前記 CoMnXRh 合金層 6 b の上下には、磁性材料製の拡散抑制層 6 a、6 c が設けられている。これにより、特に前記 CoMnXRh 合金層 6 b の X 元素が、前記非磁性材料層 5, 7 へ拡散するのを適切に防止できる。前記拡散抑制層 6 a, 6 c は CoFe 合金で形成されていることが好ましい。前記拡散抑制層 6 a, 6 c は、前記 CoMnXRh 合金層 6 b に比べて十分に小さい膜厚で形成される。前記拡散抑制層 6 a, 6 c は、数 程度の薄い膜厚で形成され、一方、前記 CoMnXRh 合金層 6 b は、30 ~ 100 程度の厚い膜厚で形成される。

40

【0055】

ところで、前記 CoMnXRh 合金層 6 b 中に占める元素 Rh は、前記 CoMnXRh 合金層 6 b の下面から上面にわたって全体的に拡散していてもよい。組成分析には、SIMS 分析装置や電解放射型透過電子顕微鏡 (FE-TEM) を用いたナノビーム特性 X 線分析 (Nano-beam EDX) 等を用いる。

50

## 【 0 0 5 6 】

図 3 は、図 1 に示す非磁性材料層 5 から非磁性材料層 7 までの層構造を拡大した部分拡大模式図である。

## 【 0 0 5 7 】

図 3 に示す点線領域 A はいずれも、フリー磁性層 6 を構成する CoMnXRh 合金層 6 b 内において前記 Rh 元素の組成比が高くなっている箇所を示している。後述する製造方法で示すように、前記 CoMnXRh 合金層 6 b は、例えば CoMnX 合金層と、元素 Rh からなる層（元素 Rh 層）との積層構造で形成される。熱処理等の原因により、CoMnX 合金と元素 Rh とはそれぞれ拡散を起こすと考えられる。点線領域 A は、もともと前記元素 Rh 層が形成されていた領域であるが上記の拡散により CoMnXRh 合金層が形成される。前記点線領域 A での元素 Rh の組成比は他の部位での前記元素 Rh の組成比に比べて大きくなっている。図 4（図 3 のフリー磁性層 6 の CoMnXRh 合金層 6 b の一部を拡大して示した模式図）に示すように、二つの点線領域 A 間の領域 B、C における元素 Rh の組成比を考察してみると、領域 B では点線領域 A 付近における元素 Rh の組成比をピークとして領域 C 方向（図示上方向）に向けて、徐々に元素 Rh の組成比は低下していき、前記領域 C との仮想境界（このような境界が実際に存在するわけではない）で最も元素 Rh の組成比が小さくなり、領域 C では、前記仮想境界から、上方に向けて徐々に元素 Rh の組成比が大きくなり、点線領域 A 付近まで至ったとき、前記元素 Rh の組成比がピークとなる。このように領域 B は、上方に向けて徐々に元素 Rh の組成比が減少する領域であり、一方、領域 C は上方に向けて徐々に元素 Rh の組成比が増加する領域となっている。そして、領域 B 及び領域 C は膜厚方向に向けて交互に現われる。なお元素 Rh は、最も組成比の低くなる仮想境界付近でも 0 原子%とはならず、前記元素 Rh が CoMnXRh 合金層 6 b の下面 6 b 1 から上面 6 b 2 にかけて全体的に拡散していてもよいし、元素 Rh のみからなる層が残存していてもよい。

## 【 0 0 5 8 】

図 2 は、CPP 型のシングルスピバルブ型薄膜素子の膜構成を示す模式図である。図 1 に示す符号と同じ符号がつけられている層は図 1 と同じ層を示している。

## 【 0 0 5 9 】

図 2 に示す CPP 型のシングルスピバルブ型薄膜素子の膜構成は、下から、下地層 1、シード層 2、反強磁性層 3、固定磁性層 4、非磁性材料層 5、フリー磁性層 6 及び保護層 10 の順に積層された構成である。図 2 に示す CPP 型のシングルスピバルブ型薄膜素子においても、フリー磁性層 6 には CoMnXRh 合金層 6 b が設けられ、第 2 固定磁性層 4 c には CoMnX 合金層 4 c 1（X は Ge、Ga、In、Si、Pb、Zn、Sn、Al、Sb のうちいずれか 1 種または 2 種以上）が設けられている。また CPP 型のシングルスピバルブ型薄膜素子は、下からフリー磁性層 6、非磁性材料層 5、固定磁性層 4 及び反強磁性層 3 の順に積層されていてもよい。

## 【 0 0 6 0 】

図 5 は、図 2 に示す CPP 型のシングルスピバルブ型薄膜素子の構造を有する再生ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

## 【 0 0 6 1 】

符号 20 は、磁性材料製の下部シールド層 20 であり、前記下部シールド層 20 上に図 2 に示す膜構成と同じ構成の多層膜 T1 が形成されている。

## 【 0 0 6 2 】

前記多層膜 T1 は、下から、下地層 1、シード層 2、反強磁性層 3、固定磁性層 4、非磁性材料層 5、フリー磁性層 6 及び保護層 10 の順で積層されている。図 1 に示す実施形態では、前記多層膜 T1 の両側には絶縁層 27、ハードバイアス層 28 及び絶縁層 29 が積層されている。ハードバイアス層 28 からの縦バイアス磁界によってフリー磁性層 6 の磁化はトラック幅方向（図示 X 方向）に揃えられる。

## 【 0 0 6 3 】

前記絶縁層 27 と前記ハードバイアス層 28 間にバイアス下地層（図示しない）が形成

10

20

30

40

50

されていてもよい。前記バイアス下地層は例えばCr、W、W-Ti合金、Fe-Cr合金などで形成される。

【0064】

前記絶縁層27、29はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>等の絶縁材料で形成されたものであり、前記多層膜T1内を各層の界面と垂直方向に流れる電流が、前記多層膜T1のトラック幅方向の両側に分流するのを抑制すべく前記ハードバイアス層28の上下を絶縁するものである。

【0065】

なお前記ハードバイアス層28、28は例えばCo-Pt(コバルト-白金)合金やCo-Cr-Pt(コバルト-クロム-白金)合金などで形成される。

10

【0066】

絶縁層29及び保護層10上には、磁性材料からなる上部シールド層30が形成される。CPP型のスピナルブ型薄膜素子では、下部シールド層20及び上部シールド層30が電極として機能し、前記多層膜T1を構成する各層の界面に対し垂直方向に電流を流す電流源となっている。

【0067】

フリー磁性層6の磁化は、ハードバイアス層28、28からの縦バイアス磁界によってトラック幅方向(図示X方向)と平行な方向に揃えられる。そして記録媒体からの信号磁界(外部磁界)に対し、フリー磁性層6の磁化が感度良く変動する。一方、固定磁性層4の磁化は、ハイト方向(図示Y方向)と平行な方向に固定されている。

20

【0068】

フリー磁性層6の磁化方向の変動と、固定磁性層4の固定磁化方向(特に第2磁性層4cの固定磁化方向)との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化または電流変化により、記録媒体からの洩れ磁界が検出される。前記フリー磁性層6は、CoMnXRh合金層6bとその上下に拡散抑制層6a、6cとを有して構成される。第2固定磁性層4cはCoMnX合金層4c1と非磁性中間層側磁性層4c2とを有している。

【0069】

図6は図5とは別の構成のCPP型のシングルスピナルブ型薄膜素子の構造を有する再生ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

30

【0070】

図6では図5のように反強磁性層2が設けられていない。図6は、固定磁性層自体の一軸異方性によって固定磁性層4の磁化が固定される、いわゆる自己固定式の磁気検出素子である。

【0071】

図6では、前記固定磁性層4の下側に、例えば、Pt、Au、Pd、Ag、Ir、Rh、Ru、Re、Mo、Wなどの単体元素、あるいはこれらの元素のうち2種以上からなる合金、または、R-Mn(ただし元素Rは、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種または2種以上の元素である)合金で形成された磁歪増強層22が5以上50以下程度の膜厚で形成される。

40

【0072】

固定磁性層4の磁歪定数 $s$ を大きくすることによって磁気弾性エネルギーを大きくし、これによって、固定磁性層4の一軸異方性を大きくするものである。固定磁性層4の一軸異方性が大きくなると、固定磁性層4の磁化は一定の方向に強固に固定され、磁気検出素子の出力が大きくなりかつ出力の安定性や対称性も向上する。

【0073】

図6に示される磁気検出素子では、固定磁性層4を構成する第1固定磁性層4aの前記非磁性材料層5側と反対側の面には非磁性金属製の磁歪増強層22が前記第1固定磁性層4aに接して設けられている。これによって、第1固定磁性層4aの特に下面側の結晶構造に歪みを生じさせて第1固定磁性層4aの磁歪定数 $s$ を大きくさせている。これによ

50

って前記固定磁性層 4 の一軸異方性は大きくなり、反強磁性層 3 が形成されなくても前記固定磁性層 4 をハイト方向（図示 Y 方向）と平行な方向に強固に固定できる。

【0074】

前記フリー磁性層 6 は、CoMnXRh 合金層 6 b とその上下に拡散抑制層 6 a, 6 c とを有して構成される。第 2 固定磁性層 4 c は CoMnX 合金層 4 c 1 と非磁性中間層側磁性層 4 c 2 とを有している。

【0075】

図 5, 図 6 では特にシングルスピバルブ型薄膜素子について説明したが図 1 に示すデュアルスピバルブ型薄膜素子も同様の層構造により形成される。

【0076】

図 7 及び図 8 は図 1 に示すデュアルスピバルブ型薄膜素子の膜構成を形成するための製造方法を示す一工程図であり、各図は製造工程中におけるデュアルスピバルブ型薄膜素子の膜構成の部分拡大模式図である。

【0077】

まず下地層 1, シード層 2, 反強磁性層 3, 固定磁性層 4, 非磁性材料層 5 までをスパッタ法や蒸着法で成膜する。各層の材質については図 1 で説明したので図 1 の説明を参照されたい。

【0078】

図 7 に示すように、前記非磁性材料層 5 上に拡散抑制層 6 a をスパッタ法や蒸着法等で成膜する。前記拡散抑制層 6 a を例えば CoFe 合金で形成する。前記拡散抑制層 6 a 上に薄い膜厚で元素 Rh 層 4 0 をスパッタ法や蒸着法等で形成し、さらに、前記元素 Rh 層 4 0 上に、CoMnX 合金層 4 1 をスパッタ法や蒸着法等で形成する。CoMnX 合金層 4 1 は、組成式が  $Co_g Mn_h X_i$ （元素 X は Ge, Ga, In, Si, Pb, Zn, Sn, Al, Sb のうち 1 種または 2 種以上、 $g + h + i = 100$  原子%、 $g : h : i = 2 : 1 : 1$ ）で表される金属化合物からなる層である。前記 CoMnX 合金層 4 1 の膜厚は前記元素 Rh 層 4 0 よりも厚い。前記元素 Rh 層 4 0 と CoMnX 合金層 4 1 とが一層づつ積層されたものを一単位（積層回数が 1 回）とし、前記積層回数を n 回（ $n = 1, 2, \dots$ ）行なう。そして最も上面側に形成された前記 CoMnX 合金層 4 1 上に前記元素 Rh 層 4 0 を形成した後、前記元素 Rh 層 4 0 上に拡散抑制層 6 c をスパッタ法や蒸着法等で成膜する。前記拡散抑制層 6 c を例えば CoFe 合金で形成する。

【0079】

次に前記拡散抑制層 6 c 上に前記非磁性材料層 7 をスパッタ法や蒸着法により成膜し、さらに、固定磁性層 8, 前記反強磁性層 9, 保護層 10 をスパッタ法や蒸着法等成膜する。

【0080】

下地層 1 から保護層 10 を積層後、熱処理（290、3.5 時間）を施す。これによって前記反強磁性層 2, 9 と固定磁性層 4, 8 を構成する第 1 固定磁性層 4 a, 8 a との界面に交換結合磁界を発生させ、前記第 1 固定磁性層 4 a, 8 a をハイト方向（図示 Y 方向）と平行な方向に磁化させる。また、第 1 固定磁性層 4 a, 8 a と第 2 固定磁性層 4 c, 8 c 間には RKKY 相互作用が働き、前記第 2 固定磁性層 4 c, 8 c は、前記第 1 固定磁性層 4 a, 8 a の磁化方向と反平行に磁化される。

【0081】

前記熱処理によって、前記フリー磁性層 6 内の CoMnXRh 合金層 6 b 内では、元素 Rh 層 4 1 と CoMnX 合金層 4 0 とがそれぞれ拡散を起こす。図 8 に示す点線領域 A は、熱処理を施す前、元素 Rh 層 4 1 が形成されていた領域で、熱処理による拡散現象により、右図に示すように元素 Rh の組成比は他の部位に比べて高くなりやすい。このように元素 Rh は、図 8 の右図に示すようにフリー磁性層 6 内において、膜厚方向（図示 Z 方向）に向けて増減を繰り返す組成変調を起こしている可能性がある。図 7 に示すように、前記元素 Rh 層 4 0 は、前記拡散抑制層 6 a, 6 c と CoMnX 合金層 4 1 との間にも設けたので、元素 Rh の組成比が高い領域は前記点線領域 A のみならず前記拡散抑制層 6 a,

10

20

30

40

50

6 c との界面領域 D にも存在しやすい ( 図 8 ) 。また元素 R h の一部は、拡散抑制層 6 a , 6 c 内にも拡散するものと予測される。

#### 【 0 0 8 2 】

上記した拡散現象を良好に起こさせるために、前記元素 R h 層 4 0 の膜厚を、1 . 0 よりも大きく 3 . 0 以下の範囲内とすることが好ましい。より好ましい前記元素 R h 層 4 0 の膜厚は、2 . 0 よりも大きく 3 . 0 以下である。また、前記元素 R h 層 4 0 の膜厚を厚くすると、磁歪低減効果を期待できるが、逆に R A の低下が大きくなるため、前記元素 R h 層 4 0 と C o M n X 合金層 4 1 の膜厚比の調整も重要である。本発明では、前記元素 R h 層 4 0 と C o M n X 合金層 4 1 とを一回ずつ積層した積層構成を一単位とし、この一単位に占める前記元素 R h 層 4 0 の膜厚比率を、[ 元素 R h 層 4 0 の膜厚 / ( C o M n X 合金層 4 1 の膜厚 + 元素 R h 層 4 0 の膜厚 ) × 1 0 0 ( % ) ] と表したとき、前記元素 R h 層の膜厚比率を 4 % 以上 1 3 % 以下にすることが好ましい。

10

また、C o M n X 合金層 4 1 の膜厚は 1 0 から 4 0 の範囲であることが好ましい。

#### 【 0 0 8 3 】

上記した元素 R h 層 4 0 , C o M n X 合金層 4 1 とを上記した膜厚比で調整することで、合金化した C o M n X R h 合金層 6 b 内における元素 R h の平均組成比を、適切に 4 原子 % 以上 1 0 原子 % 以下又は 7 原子 % 以上 1 0 原子 % 以下の範囲内に調整できる。

#### 【 0 0 8 4 】

図 7 , 図 8 に示す C P P 型のスピバルブ型薄膜素子の製造方法では、元素 R h 層 4 0 と C o M n X 合金層 4 1 とを交互に積層して、フリー磁性層 6 を形成することで、R A を大きく出来、且つフリー磁性層 6 の磁歪を低減できる C P P 型のスピバルブ型薄膜素子を特に既存の製造設備を変更することなく簡単な製造方法にて形成できる。

20

#### 【 0 0 8 5 】

また本発明では、C o M n X R h の元素からなるターゲットを用いて、C o M n X R h 合金層 6 b を形成してもよい。なお、前記フリー磁性層 6 は、C o M n X R h 合金層 6 b のみで構成されていてもよく、第 2 固定磁性層 4 c は、C o M n X 合金層 4 c 1 のみで、第 2 固定磁性層 8 c は、C o M n X 合金層 8 c 1 のみで構成されていてもよい。

#### 【 実施例 】

#### 【 0 0 8 6 】

以下に示す膜構成のデュアルスピバルブ型薄膜素子を製造した。

30

基本膜構成は、下地層 1 ; T a ( 3 0 ) / シード層 2 ; N i F e C r ( 5 0 ) / 下側反強磁性層 3 ; I r M n ( 7 0 ) / 下側固定磁性層 4 [ 第 1 磁性層 4 a ; F e C o ( 3 0 ) / 非磁性中間層 4 b ; R u ( 9 . 1 ) / 非磁性中間層側磁性層 4 c 2 ; F e C o ( 1 0 ) / C o M n X 合金層 4 c 1 ; C o M n G e ( 4 0 ) ] / 非磁性材料層 5 ; C u ( 5 0 ) / フリー磁性層 6 / 非磁性材料層 7 ; C u ( 5 0 ) / 上側固定磁性層 8 [ C o M n X 合金層 8 c 1 ; C o M n G e ( 4 0 ) / 非磁性中間層側磁性層 8 c 2 ; F e C o ( 1 0 ) / 非磁性中間層 8 b ; R u ( 9 . 1 ) / 第 1 固定磁性層 8 a ; F e C o ( 3 0 ) ] / 上側反強磁性層 9 ; I r M n ( 7 0 ) / 保護層 1 0 ; T a ( 2 0 0 ) であった。なお括弧内の数値は膜厚を示し単位は である。

#### 【 0 0 8 7 】

40

実験では前記フリー磁性層 6 の積層構成 ( 熱処理前 ) を

[ C o M n G e ( 2 0 ) / R h ( x ) ] × 3 / C o M n G e ( 2 0 )

とし、R h 層の膜厚 x ( ) を変化させた種々の磁気検出素子を形成した熱処理にかけた。なお、上記フリー磁性層の積層構成の表記において ( ) 内の数値は膜厚 ( ) を示している。また「× 3」とは、[ ] 内の膜構成を 3 回積層したことを意味する。なお全てのサンプルにおいて、C o M n G e 合金中に占める元素 C o 、元素 M n 、元素 G e の組成比は 2 : 1 : 1 である。

#### 【 0 0 8 8 】

その後、フリー磁性層中の R h 層の膜厚 x ( ) とフリー磁性層の磁歪定数 s との関係及びフリー磁性層中の R h 層の膜厚 x ( ) と磁気検出素子の R A との関係を調べた

50

。結果を図9に示す。

【0089】

図9に示すように、フリー磁性層中のRh層の膜厚を大きくしていくと、RAが直線的に低下する傾向が見られるが、Rh層の膜厚が3 のときでも、RAは $6 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ を超えている。

【0090】

また、フリー磁性層中のRh層の膜厚xを大きくしていくと磁歪が低下し、特に元素Rhの膜厚が1 以上のとき、磁歪定数sの低下する割合が大きくなり、Rh層の膜厚が2 以上3 以下のとき、磁歪定数sが最小値をとることがわかった。このように、本発明では、RAの低下を抑制しつつ、磁歪低減の効果を期待できることがわかった。

10

【0091】

なお、元素Rhの膜厚が1 以上3 以下のとき、熱処理後のフリー磁性層中の元素Rhの原子%濃度が4原子%以上10原子%以下になり、Rh層の膜厚が2 以上3 以下のとき、熱処理後のフリー磁性層中の元素Rhの原子%濃度が7原子%以上10原子%以下になる。

【0092】

さらに、熱処理後のフリー磁性層中の元素Rhの原子%濃度とフリー磁性層の磁歪定数sとの関係及びフリー磁性層中の元素Rhの原子%濃度と磁気検出素子のRAとの関係を調べた。結果を図10に示す。なお、フリー磁性層中の元素Rhの原子%濃度とは、フリー磁性層を構成する原子全体を100原子%としたときのフリー磁性層内部に含まれる元素Rhの原子%である。この元素Rhの原子%濃度の値はフリー磁性層に元素Rhが均一に拡散していても不均一に拡散していても同じ値になる。

20

【0093】

図10に示すように、フリー磁性層中の元素Rhの原子%を大きくしていくと、RAが直線的に低下する傾向が見られるが、元素Rhの原子%が10原子%のときでも、RAは $6 \text{ m} \cdot \text{cm}^2$ を超えている。

【0094】

また、フリー磁性層中の元素Rhの原子%濃度を大きくしていくと磁歪が低下し、特に元素Rhの原子%濃度が4原子%以上のとき、磁歪の低下する割合が大きくなり、元素Rhの原子%濃度が7原子%以上10原子%以下のとき、磁歪定数sが最小値をとることがわかった。このように、本発明では、RAの低下を抑制しつつ、磁歪低減の効果を期待できることがわかった。

30

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明の第1実施形態の磁気検出素子（デュアルスピナルバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た模式図、

【図2】本発明の第2実施形態の磁気検出素子（シングルスピナルバルブ型薄膜素子）の構造を記録媒体との対向面側から見た模式図、

【図3】図1に示す下側固定磁性層のCoMnX合金層から、上側固定磁性層の非磁性材料層側固定磁性層までの層構造を拡大した部分拡大模式図、

40

【図4】図3に示すCoMnXRh層の部分をさらに拡大した部分拡大した部分拡大模式図と、CoMnXRh層中に占める元素Rhの組成変調を説明するためのグラフ、

【図5】図2に示す磁気検出素子の構造を有する再生ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図6】図5とは異なる層構造の磁気検出素子の構造を有する再生ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図7】図1に示すデュアルスピナルバルブ型薄膜素子の製造方法を説明するための一工程図（模式図）、

【図8】図7の次に行なわれる一工程図（模式図）、

【図9】フリー磁性層中のRh層の膜厚と磁歪定数sとの関係を示すグラフ、

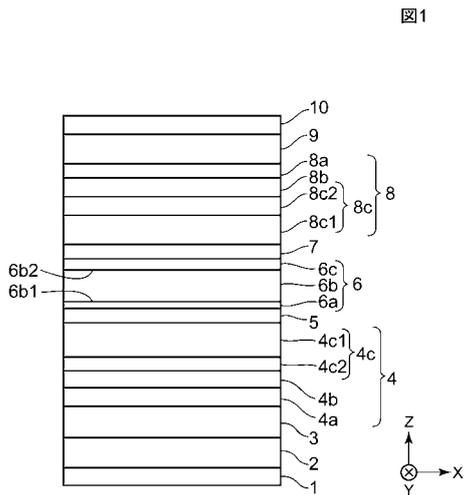
50

【図10】フリー磁性層の組成と磁歪定数  $s$  及び  $RA$  との関係を示すグラフ、  
 【図11】従来の磁気検出素子を示す断面図、  
 【符号の説明】

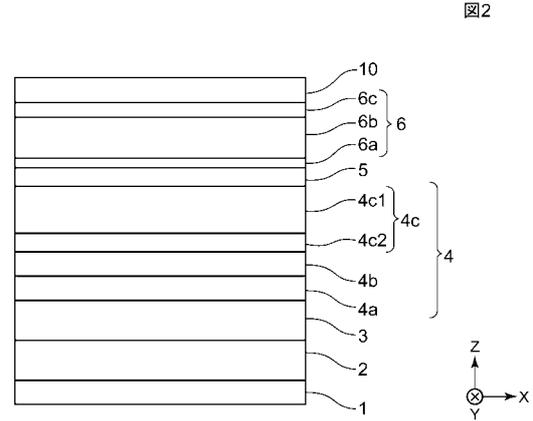
【0096】

- 1 下地層
- 2 シード層
- 3、9 反強磁性層
- 4、8 固定磁性層
- 5、7 非磁性材料層
- 6 フリー磁性層
- 6 a、6 b 拡散抑制層
- 6 b CoMnXRh合金層
- 10 保護層
- 40 元素Rh層
- 41 CoMnX合金層

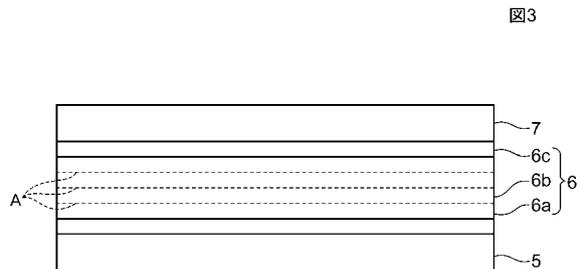
【図1】



【図2】



【図3】



【 図 4 】

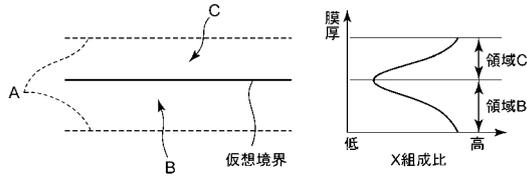


図4

【 図 6 】

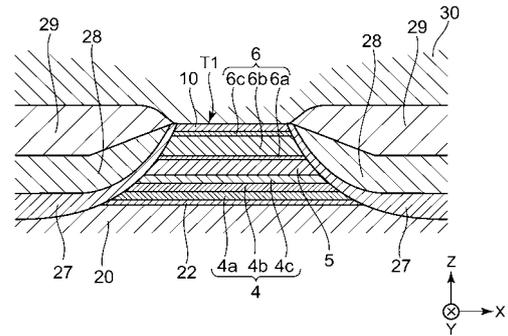


図6

【 図 5 】

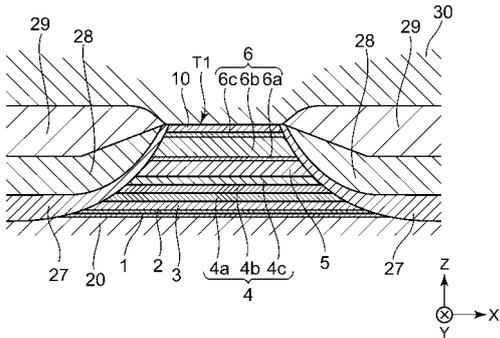


図5

【 図 7 】

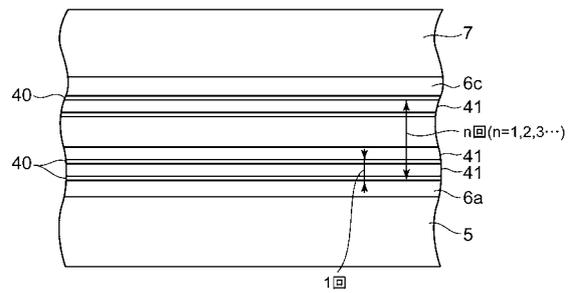


図7

【 図 8 】

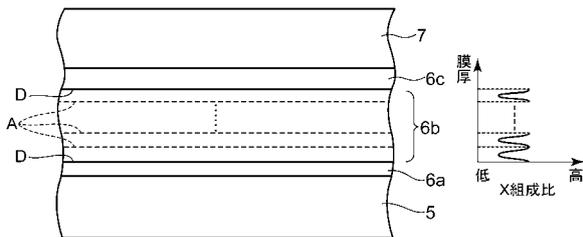


図8

【 図 10 】

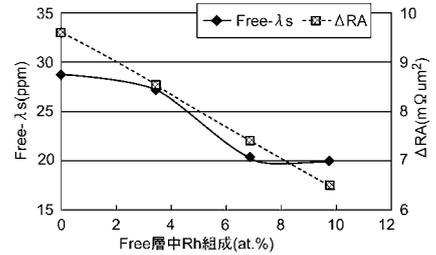


図10

【 図 9 】

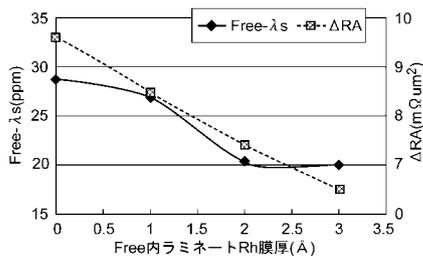


図9

【 図 11 】

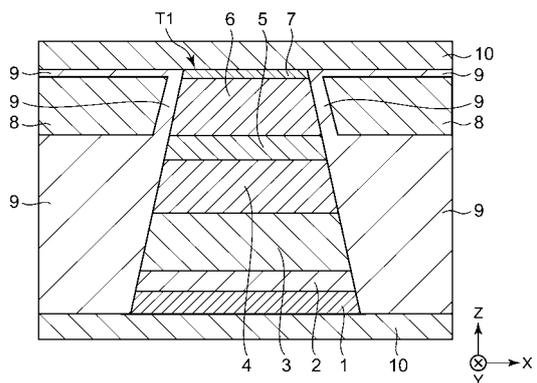


図11

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 2 C 19/07 (2006.01) G 1 1 B 5/39  
C 2 2 C 19/07 C

(72)発明者 石曾根 昌彦  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内  
(72)発明者 長谷川 直也  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

審査官 三浦 尊裕

(56)参考文献 特開2005-051251(JP,A)  
特開2004-165442(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H 0 1 L 4 3 / 0 8  
C 2 2 C 1 9 / 0 7  
G 0 1 R 3 3 / 0 9  
G 1 1 B 5 / 3 9  
H 0 1 F 1 0 / 1 6  
H 0 1 F 1 0 / 3 2