

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4572434号
(P4572434)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 43/08 (2006.01)	H O 1 L 43/08 Z
G 1 1 B 5/39 (2006.01)	G 1 1 B 5/39
G 1 1 C 11/15 (2006.01)	G 1 1 C 11/15
H O 1 F 10/14 (2006.01)	H O 1 F 10/14
H O 1 F 10/16 (2006.01)	H O 1 F 10/16

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平11-324037	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成11年11月15日(1999.11.15)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2000-340859(P2000-340859A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成12年12月8日(2000.12.8)	(74) 代理人	100109667
審査請求日	平成18年9月20日(2006.9.20)		弁理士 内藤 浩樹
(31) 優先権主張番号	特願平11-77384	(74) 代理人	100109151
(32) 優先日	平成11年3月23日(1999.3.23)		弁理士 永野 大介
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100120156
			弁理士 藤井 兼太郎
		(72) 発明者	榊間 博
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	平本 雅祥
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果型ヘッド、及びメモリー素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属膜からなる非磁性層を介して積層された二つの磁性層の積層膜を主構成要素とする磁気抵抗効果素子であって、

一方の前記磁性層が磁化回転抑制層と磁氣的に結合して固定層を構成し、

前記一方の磁性層が2層の界面磁性膜と前記2層の界面磁性膜に挟まれた MFe_2O_4 磁性膜(MはFe,Co,Niから選ばれる1種もしくは2種以上の元素)との積層膜より構成され、

一方の前記界面磁性膜が[磁性膜/非磁性膜/磁性膜]から成り、前記非磁性膜を介して前記二つの磁性膜が反強磁性的に結合し、

前記非磁性層を介して積層された二つの磁性層の積層膜の膜面の主に垂直方向に電流を流す、

磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

前記一方の磁性層が外部磁界に対して磁化回転し難く、他方の磁性層が磁化回転し易い、請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

他方の前記界面磁性膜がFe,Co,Niから選ばれる1種もしくは2種以上の元素より成る、請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

前記磁化回転抑制層がP-Mn系(PはPt,Ni,Pd,Ir,Rh,Ru,Crから選ばれる1種もしくは

10

20

2 種以上の元素)合金より成る、請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子に、更にシールド部を具備してなる磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子に、更に検知すべき磁界を磁気抵抗素子部に導入するヨークを具備してなる磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項 7】

情報を記録するための磁界を発生させる導体線、

情報を記録するために設けられた磁気抵抗効果素子、及び

前記磁気抵抗効果素子の磁気抵抗変化より情報読み出しするための導体線を主構成要素とするメモリ素子において、

前記磁気抵抗効果素子が請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子である、メモリ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は外部磁界に対して磁気抵抗変化により大きな出力を生ずる磁気抵抗効果素子と、それを用いて構成される磁気抵抗効果型ヘッド及びメモリ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、ハードディスクドライブの高密度化は著しく、媒体に記録された磁化を読みとる再生磁気ヘッドの進歩も著しい。中でも巨大磁気抵抗(GMR)効果を利用したスピバルブと呼ばれる磁気抵抗効果素子(MR素子)は、現在用いられている磁気抵抗効果型ヘッド(MRヘッド)の感度を大幅に上昇されるものとして盛んに研究されている。又GMR膜を用いたメモリ素子も提案されている。

【0003】

GMR膜を用いたMR素子の基本原理は[磁性層/非磁性層/磁性層]より構成される積層膜において、二つの磁性層の磁化方向が平行の場合は抵抗が低く、反平行の場合は抵抗が高くなることを利用するものである。

【0004】

スピバルブは、非磁性層を介して2つの強磁性体層が配置され、一方の磁性層(固定層)の磁化方向を磁化回転抑制層(ピンニング層)による交換バイアス磁界で固定し(この時の強磁性体層と磁化回転抑制層を合わせて交換結合膜と呼ぶ)、もう一方の磁性層(自由層)の磁化方向を外部磁界に応じて比較的自由に動かすことにより、固定層と自由層の磁化方向の相対角度を変化させて、電気抵抗の変化を生じさせるものである。

【0005】

スピバルブ膜に用いられる材料としては、当初、磁性膜としてNi-Fe膜、非磁性膜としてCu、磁化回転抑制層としてFe-Mnを用いたもので磁気抵抗変化率(MR比)が約2%のものが提案された(ジャーナル オブマグネティズム アンド マグネティック マテリアルズ 93 第101項 (1991年) (Journal of Magnetism and Magnetic Materials 93,p101,1991))。このように、磁化回転抑制層としてFeMn膜を用いたものはMR比が小さく、またブロッキング温度(磁化回転抑制層による固定層の磁化固定効果が無くなる温度)が十分高くない、またFeMn自体に耐食性に難点があるので、種々の磁化回転抑制層を用いたスピバルブ膜が提案されている。中でも、PtMn系はMR比はさほど大きくないものの耐食性と熱的安定性が良く、NiOや γ -Fe₂O₃等の酸化物を磁化回転抑制層として用いたスピバルブ膜は熱的安定性に課題があるものの、MR比が15%以上の大きなものが得られ、研究開発が進められている。

【0006】

更に大きなMR比を得る方法として、[磁性層/非磁性層/磁性層]から成る磁気抵抗効果素子部の非磁性層にAl₂O₃等の酸化物膜を用い(注:磁性層部は金属膜)、この素子部の

10

20

30

40

50

上下に電極を設けてトンネル効果を利用するものが研究されており、これらはTMR膜とも呼ばれている。又これに磁化回転抑制層を付けたスピンバルブ型TMR膜も研究されており、TMR膜ではMR比が20%以上のものが得られている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、TMR膜においては上記酸化物非磁性層は均質で膜厚が一定の1nm程度の超薄膜であることが必要で、量産性や再現性に課題がある。又TMR膜を実用デバイスに用いるには素子抵抗が高すぎるため、低抵抗化が必要であり、かつ素子が均一なインピーダンスを有することが課題であった。

【0008】

10

【課題を解決するための手段】

上記の非磁性層に高抵抗の酸化物膜を用いた従来のTMR膜とは全く異なり、本発明は、金属膜からなる非磁性層(2)を介して積層された二つの磁性層の積層膜を主構成要素とする磁気抵抗効果素子であって、一方の前記磁性層が磁化回転抑制層(4)と磁気的に結合して固定層を構成し、前記一方の磁性層が2層の界面磁性膜(5)と前記2層の界面磁性膜に挟まれた MFe_2O_4 磁性膜(3、MはFe,Co,Niから選ばれる1種もしくは2種以上の元素)との積層膜より構成され、一方の前記界面磁性膜が[磁性膜(5-1)/非磁性膜(5-2)/磁性膜(5-3)]から成り、前記非磁性膜を介して前記二つの磁性膜(5-1、5-3)が反強磁性的に結合し、前記非磁性層を介して積層された二つの磁性層の積層膜の膜面の主に垂直方向に電流を流す。MがFeの場合は比較的低抵抗となり、MがNi,Coとなるに従って比較的高抵抗となるので、組成を適当に選ぶことにより素子のインピーダンスの調整が可能である。

20

【0009】

特に上記の二つの磁性層の一方が外部磁界に対して磁化回転し易く、他方が磁化回転し難いものとすれば磁気抵抗効果素子が構成される。上記 MFe_2O_4 膜でMがFe-richであれば磁化回転し易く、MがCo-richであれば磁化回転し難いのでこの様な構成は容易に実現される。

【0010】

又一方の磁性層が磁化回転抑制層(ピンニング層)と磁気的に結合して固定層を構成して、スピンバルブ型としても良い。磁化回転抑制層としてはP-Mn系(PはPt,Ni,Pd,Ir,Rh,Ru,Crから選ばれる1種もしくは2種以上の元素)合金より成るものが望ましい。

30

【0011】

又これら磁気抵抗効果素子の磁性層は界面磁性膜と MFe_2O_4 (MはFe,Co,Niから選ばれる1種もしくは2種以上の元素)磁性膜との積層膜より構成されても良い。

【0012】

これにより非磁性層との界面やピンニング層との界面に相性の良い金属磁性膜を用いることが可能となる。

【0013】

又 MFe_2O_4 酸化物磁性膜だけでは抵抗が高くなりすぎる場合はこのような積層膜とし、 MFe_2O_4 酸化物磁性膜の膜厚を薄くすることより低抵抗化が可能である。

40

【0014】

更にこの界面磁性膜が[磁性膜/非磁性膜/磁性膜]から成り、非磁性膜を介して二つの磁性膜が反強磁性的に結合している構成とすると、微細パターン化した場合、反磁界係数が大きくなる問題を、酸化物磁性膜とこの界面磁性膜を構成する二つの磁性膜の膜厚、飽和磁化等を調整することにより、全体での反磁界係数の大きさを小さくすることで解決することが可能で、デバイスを作製した場合、磁界感度を向上することが出来る。

【0015】

これら磁気抵抗効果素子にシールド部を具備すれば、シールド型磁気抵抗効果ヘッドが構成され、又これら磁気抵抗効果素子に検知すべき磁界を磁気抵抗効果素子部に導入するヨークを具備すればヨーク型磁気抵抗効果ヘッドやヨークを具備した磁気抵抗効果素子が構成さ

50

れる。

【 0 0 1 6 】

これら磁気抵抗効果素子に情報を記録するための磁界を発生させる導体線、及びこれら磁気抵抗効果素子の磁気抵抗変化により情報読み出しするための導体線を具備すればメモリ - 素子が構成される。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

以下本発明の磁気抵抗効果素子、磁気抵抗効果型ヘッド、メモリ - 素子を図面に基づいて説明する。

【 0 0 1 8 】

図 1 に参考例の磁気抵抗効果素子の構成を示す断面図の一例を示す。図 1 は、非磁性層 2 によって磁気的に隔離された二つの酸化物磁性層 1, 3 より成る磁気抵抗効果素子を示す。酸化物磁性層 1, 3 は主として MFe_2O_4 (M は Fe, Co, Ni から選ばれる 1 種もしくは 2 種以上の元素) より構成される。

【 0 0 1 9 】

酸化物磁性層は膜厚を変えたり組成を変えたりすることにより、外部磁界により一方が磁化回転し易く、他方がそうでないもの、あるいは保磁力が小さいものとそうでないものとするのが可能である。これにより外部磁界に対して二つの磁性層の磁化方向のなす角度が変化し、これに応じて抵抗変化が生ずる。従って図 1 の積層膜に電極を設け、電流を流し、外部磁界により抵抗が変化する現象を電圧変化で読みとることにより磁気抵抗効果素子となる。

【 0 0 2 0 】

図 2 は図 1 の積層膜に更に磁化回転抑制層 4 を設けて酸化物磁性層 3 と交換結合させることにより酸化物磁性層 3 の磁化回転を抑制し、酸化物磁性膜 1 は容易に磁化回転する膜とすることにより、図 1 と同様の原理により磁気抵抗効果素子とするものである。この場合は酸化物磁性層 1 と 3 は軟磁気特性に優れたものであれば、全く同一のものでもかまわない。

【 0 0 2 1 】

図 3 は酸化物磁性層と非磁性層の界面に、あるいは酸化物磁性層と磁化回転抑制層との間に界面磁性層 5 を設けた構成のものである。これにより非磁性層との界面やピンニング層との界面に相性の良い金属磁性膜を用いることが可能となる。図 3 では全ての界面に界面磁性層を入れた構成としたが、必ずしもこの様な構成とする必要はなく、一箇所だけでも良い。又磁化回転抑制層の無い図 1 の構成のものにこの構成を適用してもかまわない。

【 0 0 2 2 】

又図 3 の 1 酸化物磁性層の上にこの界面磁性層を用いても良い。

【 0 0 2 3 】

更に図では界面磁性層が酸化物磁性層より薄くしているが、素子全体の抵抗を下げたい場合は酸化物磁性層を薄くして、界面磁性層をこれより厚くしても良い。

【 0 0 2 4 】

図 5 は検知すべき外部磁界 H を透磁率の高い磁性膜で構成されるヨ - ク 6 により磁気抵抗素子部に導くことにより磁気抵抗効果素子の感度を向上させるものである。基本的にはヨ - ク部 6 は磁界 H が磁化回転が容易な磁性層に導かれるように配置される。図 5 では磁化回転抑制層 4 のあるものについて示したが、これが無い図 1 の構成にヨ - ク部 6 を設けたものでも良い。

【 0 0 2 5 】

以上述べたような参考例の磁気抵抗効果素子を用いて、磁気抵抗効果型ヘッドを構成することができる。図に示したものはセンサ - 等の磁気抵抗効果素子として使用できるし、ヨ - クの形状により読み取るべき信号磁界の領域を規制することにより磁気抵抗効果型ヘッドともなるものである。

【 0 0 2 6 】

図 6 に磁気抵抗効果型ヘッドの構成の一例を示す。図 6 において記録は巻き線部 8 に電流を流し、それにより発生する磁界を記録用磁極 7 で導き、記録ギャップからの漏れ磁界により媒体への信号の記録を行う。信号の再生は上部および下部のシールド部 10, 13 によって決まるシールドギャップ内に設けられた磁気抵抗効果素子部 12 に媒体からの磁界が入り、磁界による素子部 12 の抵抗変化により信号の再生がなされる。図 6 では素子部 12 の膜面に垂直に電流を流す構成のものを一例として示しており、電流は電極 11 を通してシールドとリッドを兼用したシールド部 10, 13 を流れる構成としている。

【 0 0 2 7 】

図 7 にこれら磁気抵抗効果膜を用いたメモリ素子の構成の一例を示す。図 7 において、磁気抵抗効果素子部 12 を構成する二つの磁性層のうち一方は外部磁界により磁化反転し易く、他方は反転し難いものを用い、情報の記録は情報記録用導体線 14 に電流を流し、発生する磁界により磁化回転し易い方の磁化を反転して情報の記録を行う。情報の読み出しは導体線 14 に逆向きの電流を流し、この時情報読出用導体線 15 と電極 11 を通じて接続された磁気抵抗効果素子部 12 に抵抗変化が生ずるか否かで情報の読み出しを行う。

10

【 0 0 2 8 】

又磁気抵抗効果素子部 12 の磁性層が保磁力は異なるものの、二つとも磁化反転可能なものとし、導体線 14 に大きな電流を流して両方の磁性層を磁化反転して情報を記録し、再生は導体線 14 に逆方向の弱い電流を流して保磁力の小さい磁性層のみの磁化を反転し、その時の抵抗変化により情報を読み出しても良い。この場合は前述の場合と異なり、情報の記録には保磁力の大きい磁性層の磁化反転を用い、情報の読み出しには保磁力の小さい磁性層の磁化反転のみを用いるので非破壊読み出しが可能となる。

20

【 0 0 2 9 】

以上図に示した磁気抵抗効果素子部の磁性層の少なくとも一方、あるいは全てに比較的高抵抗の MFe_2O_4 (M は Fe, Co, Ni から選ばれる 1 種もしくは 2 種以上の元素) を主成分とする膜を用いることが望ましい。M が Fe の場合は比較的低抵抗 ($\sim 10^{-3}$ cm) となり、M が Ni, Co となるに従って比較的高抵抗 ($10^3 \sim 10^7$ cm) となるので、組成を適当に選ぶことにより $10^{-3} \sim 10^7$ cm と広範にわたる素子のインピーダンスの調整が可能である。実際[金属磁性層 / Al_2O_3 / 金属磁性層]より構成されるトンネル型磁気抵抗効果素子においては膜面に垂直に電流を流して使用するが、抵抗が 10^{10} cm と通常のデバイスに使用するにはインピーダンスが高すぎる問題点があり、実用化の阻害要因となっている。これに対して本発明は上述のようにインピーダンスが広範囲で調整可能である特長を有する。

30

【 0 0 3 0 】

上記 MFe_2O_4 膜で M が Fe-rich であれば磁化回転し易く、M が Co-rich であれば磁化回転し難いので、Fe と Co の組成を調整することにより保磁力の調整が可能であり、る。これらの酸化物磁性膜はスピン分極率 P が極めて高く、磁性層 / 非磁性層界面でのスピン散乱に起因する大きな磁気抵抗変化が得られるため、磁気抵抗効果素子用の磁性膜としては理想的なものである。

【 0 0 3 1 】

又これら磁気抵抗効果素子の磁性層は界面磁性膜と MFe_2O_4 (M は Fe, Co, Ni から選ばれる 1 種もしくは 2 種以上の元素) 磁性膜との積層膜より構成されても良い。これにより非磁性層との界面やピンニング層との界面に相性の良い金属磁性膜を用いることが可能となる。具体的には Co, CoFe, NiFe, NiCoFe 等の合金膜があげられる。

40

【 0 0 3 2 】

又酸化物磁性層だけではインピーダンスがまだ高い場合には、磁性層部を MFe_2O_4 酸化物磁性膜と上述の界面磁性膜との積層膜とし、 MFe_2O_4 酸化物磁性膜の膜厚を薄くすることにより低インピーダンス化が可能である。

【 0 0 3 3 】

更にこの界面磁性膜が[磁性膜 / 非磁性膜 / 磁性膜]から成り、非磁性膜を介して二つの磁性膜が反強磁性的に結合している構成とすると、微細パターン化した場合、反磁界係数が大きくなる問題を、酸化物磁性膜とこの界面磁性膜を構成する二つの磁性膜の膜厚、飽和

50

磁化等を調整することにより、全体での反磁界係数の大きさを小さくすることにより解決することが可能で、デバイスを作製した場合、磁界感度を向上することが出来る。この場合の交換結合用非磁性膜としてはRu, Ir等が適している。

【0034】

磁化回転抑制層としては金属膜としては不規則合金系のIr-Mn, Rh-Mn, Ru-Mn, Cr-Pt-Mn等があり、磁界中で成膜することにより磁性膜と交換結合させることができ工程が簡便となる利点がある。これらの膜を用いて素子を形成する場合は図4とは上下逆の構成とすることが望ましい。一方規則合金系のNi-Mn, Pt-(Pd)-Mn等は規則化のための熱処理が必要であるが、熱的安定性に優れている。一般的にはこれらも素子に用いる場合は図5とは上下逆の構成で使用するが、Pt-Mn系は上下どちらでも使用出来き、図5の構造としても良い。この系はピンニング効果も大きく、かつ熱的にも安定である等の望ましい特長を有する。以上の金属膜を磁化回転抑制層に用い、磁性層にも金属膜を用いた素子は大きなMR比が得られない欠点があったが、本発明はこの欠点を補い磁化回転抑制層にこれら金属系を用いても大きなMR比を得ることが可能である。

10

【0035】

非磁性層としては、Cu, Ag, Auなどがあるが、特にCuが優れている。非磁性層の膜厚としては、磁性層間の相互作用を弱くするために少なくとも0.9nm以上は必要である。又この非磁性層の膜厚が3nm以下の場合膜の平坦性が重要で、平坦性が悪いと、非磁性層で磁気的に分離されているはずの二つの磁性層間に磁気的結合が生じてMR比の劣化と感度の低下が生ずる。

20

【0036】

シールド型磁気抵抗効果ヘッドやヨーク型磁気抵抗効果ヘッドにおいては、シールド材やヨーク材に、Fe-Si-Al、Ni-Fe(-Co)、Co-Nb-Zr、Co-Ta-Zr、Fe-Ta-N合金などの軟磁性膜が使われる。Fe-Si-Alは基板上に付けられたものが市販されており、Ni-Fe(-Co)系はメッキ法で作製でき、Co-(Nb, Ta)-Zr系は耐食性に優れ異方性の制御性が良く、Fe-Ta-N系は高温熱処理に強い特長がある。

【0037】

又メモリ素子においては導体線はAl, Au, Cu, Ag等の金属導体線で構成され、磁気抵抗効果素子部の電極材料は抵抗があまり高くないものが望ましい。

【0038】

30

【実施例】

本発明の磁気抵抗効果素子および磁気抵抗効果型ヘッドについて以下具体的な実施例を用いて説明する。

【0039】

(参考例1)

多元スパッタリング装置を用いて図1に示した構成の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のターゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuターゲットを用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スパッタリング法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。

40

試料A $\text{Ni}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ (30)/Cu(25)/ $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$ (20) ()内は膜厚nmを示す)

試料Aの磁化曲線を室温で200kA/mの磁界を印可して磁界振動磁力計で測定したところ、保磁力が異なる2種類の磁性層からなる積層膜特有の2段曲線を示した。この磁気抵抗効果素子の上下に電極を設けて、そのMR特性を室温で最高200kA/mの磁界を印可して測定した。その結果MR比は30%と極めて高い値を示した。

【0040】

(参考例2)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて図2に示した構成の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のターゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuを、磁化回転抑制層にはIrMnターゲットを用いた

50

。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スハ[°] ッタリング[°] 法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。

試料B $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Cu}(22)/\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(20)/\text{IrMn}(15)$

この磁気抵抗効果素子の上下に電極を設けて、そのMR特性を室温で最高200kA/mの磁界を印可して測定した。その結果MR比は28%と極めて高い値を示した。

【0041】

(参考例3)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて図3に示した構成の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のタ-ゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuタ-ゲットを、磁化回転抑制層にはIrMnを、界面磁性層には $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ を用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スハ[°] ッタリング[°] 法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。

試料C $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Cu}(22)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(20)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{IrMn}(15)$

この磁気抵抗効果素子の上下に電極を設けて、そのMR特性を室温で最高200kA/mの磁界を印可して測定した。その結果MR比は32%と極めて高い値を示した。

【0042】

(参考例4)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて類似の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のタ-ゲットには焼結した Fe_3O_4 を用い、又非磁性層用にはCuタ-ゲットを、磁化回転抑制層にはPtMnを、界面磁性層には $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ と $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ を用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スハ[°] ッタリング[°] 法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を成膜し、280 で磁界中熱処理を行った。

試料C' $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)/\text{Fe}_3\text{O}_4(1)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(0.5)/\text{Cu}(2.2)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Fe}_3\text{O}_4(1)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{PtMn}(15)$

この磁気抵抗効果素子の上下に電極を設けて、そのMR特性を室温で最高200kA/mの磁界を印可して測定した。その結果MR比は40%と極めて高い値を示した。

【0043】

(参考例5)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて図1と図2に示した構成の2種類の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のターケ[°] ットには焼結した $\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuを、磁化回転抑制層としてはPtMnタ-ゲットを用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スハ[°] ッタリング[°] 法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。

試料D $\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(50)/\text{Cu}(25)/\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(20)$

試料E $\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(50)/\text{Cu}(25)/\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(20)/\text{PtMn}(20)$

成膜後試料Eは280 で磁界中熱処理を施し、PtMnの規則化を行った。

【0044】

本発明の試料番号Bの磁気抵抗効果素子を用いて図5に示した構成の磁気抵抗効果型ヘッドを作製した(ただし試料Dを用いたものは磁化回転抑制層はない)。この時ヨ-クには軟磁気特性に優れたCoNbZrアモルファス合金膜を用いた。この構成とすることにより、ヨ-クのない試料D及びEの磁気抵抗効果素子に比べてヨ-クのあるものは外部磁界が10 Oeの時の感度がどちらも約3倍高くなることがわかった。

【0045】

(参考例6)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて図3に示した構成の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のタ-ゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ 、Co

10

20

30

40

50

$\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuタ - ゲットを、磁化回転抑制層にはPtMnを、界面磁性層には $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ を用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スパッタリング法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。

試料F $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Cu}(22)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Co}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(20)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{PtMn}(20)$

この磁気抵抗効果素子を用いて図に示すようなシールド型の磁気抵抗効果ヘッドを作製した。基板としては Al_2O_3 -TiC基板を用い、シールド材には $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ 合金を用い、絶縁膜には Al_2O_3 を用いた。電極にはAuを用いた。自由層 $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)$ の磁化容易方向が検知すべき信号磁界方向と垂直になるように、固定層 $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4(20)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{IrMn}(15)$ の磁化容易軸の方向が検知すべき信号磁界方向と平行になるように磁性膜に異方性を付与した。この方法は、磁気抵抗効果素子を作成後、まず、磁界中280℃で熱処理して、固定層の容易方向を規定した後、更に、200℃で上記と直交する方向に磁界を印加して熱処理し、自由層の容易軸を規定した。

【0046】

これらのヘッドに、センス電流として直流電流を流し、約3kA/mの交流信号磁界を印加してヘッドの出力を評価した。その結果本発明のヘッドの出力は、磁気抵抗効果素子としてNiFeを用いた市販のAMRヘッドの出力に比べて約5倍高いことがわかった。

【0047】

(参考例7)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて図1と図2に示した構成の2種類の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のターゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ と $\text{Co}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuを、磁化回転抑制層としてはIrMnを、界面磁性層用として $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ 、 $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ をターゲットを用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スパッタリング法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。

試料G $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)/\text{Cu}(25)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(1)/\text{Co}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)$

試料H $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)/\text{Cu}(25)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(1)/\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(20)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{IrMn}(15)$

これら磁気抵抗効果素子G,Hを用いて、図7に示したようなメモリ素子を作製した。導体線にはAuを用い、情報読出用導体線と磁気抵抗効果素子部とを接合する電極にはPtを用いた。又情報記録用導体線と磁気抵抗効果素子部及び情報読出用導体線部との絶縁には Al_2O_3 を用いた。

【0048】

試料Gを用いたメモリ素子において情報記録用導体線にパルス電流を流して0 +40 0 Oeの磁界を発生させて、磁性層の磁化反転を行った後、同様に情報記録用導体線にパルス電流を流して約0 -20 +20 0 Oeの磁界を発生させて $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)$ 部のみの磁化反転を行い、その時の抵抗変化を情報読出線部の電圧変化により観測したところ、明確な抵抗変化が生じることがわかった。この弱いパルス電流により何回でも同様の出力変化が生じて非破壊読み出しが可能であることがわかった。又パルス電流を流して0 -40 0 Oeの磁界を発生させて、磁性層の磁化反転を行った後、同様に情報記録用導体線にパルス電流を流して約0 -20 +20 0 Oeの磁界を発生させて $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)$ 部のみの磁化反転を行い、その時の抵抗変化を情報読出線部の電圧変化により観測したところ、上述とは逆方向の出力変化が生じて、記録された情報の識別がなされることがわかった。

【0049】

試料Hを用いたメモリ素子において情報記録用導体線にパルス電流を流して0 +20 0 Oeの磁界を発生させて、磁性層の磁化反転を行った後、同様に情報記録用導体線にパルス電流を流して約0 -20 0 Oeの磁界を発生させて $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4(50)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)$ 部のみの磁化反転を行い、その時の抵抗変化を情報読出線部の電圧変化により観測したと

ころ、明確な抵抗変化が生じることがわかった。又パルス電流を流して0 -20 0 Oeの磁界を発生させて、磁性層の磁化反転を行った後、同様に情報記録用導体線にパルス電流を流して約0 -20 0 Oeの磁界を発生させ、その時の抵抗変化を情報読出線部の電圧変化により観測したところ、上述とは異なり出力変化が生じず、記録された情報の識別がなされることがわかった。

【0050】

以上より本発明の磁気抵抗効果素子を用いてメモリ - 素子が構成可能なことがわかった。試料Gを用いた例では非破壊読み出しが可能となり、試料Hを用いた例では非破壊読み出しは出来ないものの、弱い電流での動作が可能であることがこれらメモリ - 素子の特徴である。

10

【0051】

(実施例1)

参考例1と同様に多元スパッタリング装置を用いて図4の構成の磁気抵抗効果素子を作製した。基板にはSiを用い、磁性層用のタ - ゲットには焼結した Fe_3O_4 を用い、又非磁性層用にはCuタ - ゲットを、磁化回転抑制層にはPtMnを、界面磁性層にはRuを介して反強磁性的に交換結合した $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}/\text{Ru}/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ と $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}/\text{Ru}/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ を用いた。真空チャンバー内を 1×10^{-8} Torr以下まで排気した後、Arガスを0.8mTorrになるように流しながら、スパッタリング法を用いて、下記の構成の磁気抵抗効果素子を成膜し、280

で磁界中熱処理を行った。
試料I $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)/\text{Ru}(0.7)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(1)/\text{Fe}_3\text{O}_4(0.6)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(1)/\text{Cu}(2.2)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Fe}_3\text{O}_4(0.6)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Ru}(0.7)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{PtMn}(15)$

20

この磁気抵抗効果素子の上下に電極を設けて、そのMR特性を室温で最高200kA/mの磁界を印可して測定した。その結果MR比は36%と極めて高い値を示した。

【0052】

作製したこの素子を用いて実施例5と同様な方法で磁気ヘッドを作製し、センス電流として約1kA/mの交流信号磁界を印加してこの膜を用いたヘッドと実施例5のヘッドの出力を比較した。その結果このヘッドの出力は、参考例5のヘッドよりも更に感度が高くなることがわかった。

【0053】

又この膜を用いて参考例6と同様な方法でメモリ - 素子を作製した。このメモリ - 素子と参考例6のメモリ - 素子の反転磁界を測定したところ、同じ形状の素子であれば、このメモリ - 素子の反転磁界は参考例6のそれより小さくなることがわかった。

30

【0054】

【発明の効果】

本発明の磁気抵抗効果素子は従来のものに比べて大きなMR比を実現し、これを用いることにより高出力の磁気抵抗効果型ヘッドとメモリ - 素子を可能とするものである。

【0055】

又これらをにより超高密度のハードディスクや、省エネで不揮発性の固体メモリ - である磁気RAMが実現され、VTRやモバイル機器のストレージデバイスやメモリ - デバイスとして使用出来る。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気抵抗効果素子の断面の模式図

【図2】本発明の磁気抵抗効果素子の断面の模式図

【図3】本発明の磁気抵抗効果素子の断面の模式図

【図4】本発明の磁気抵抗効果素子の断面の模式図

【図5】本発明のヨ - ク型磁気抵抗効果型ヘッドの一例を示す図

【図6】本発明のシ - ルド型磁気抵抗効果型ヘッドの一例を示す図

【図7】本発明のメモリ - 素子の一例を示す図

【符号の説明】

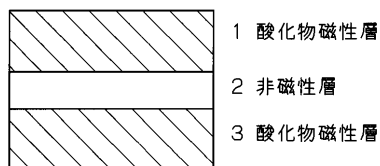
1 酸化物磁性層

50

- 2 非磁性層
- 3 酸化物磁性層
- 4 磁化回転抑制層
- 5 界面磁性層
- 6 ヨーク部
- 7 記録用磁極
- 8 巻き線部
- 9 絶縁膜
- 10 上部シールド部
- 11 電極部
- 12 磁気抵抗効果素子部
- 13 下部シールド部
- 14 情報記録用導体線
- 15 情報読出用導体線

10

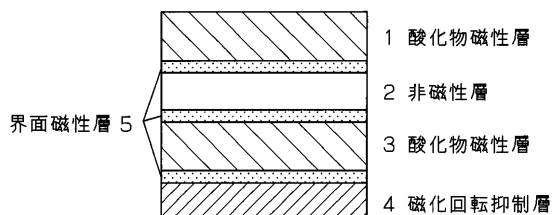
【図 1】



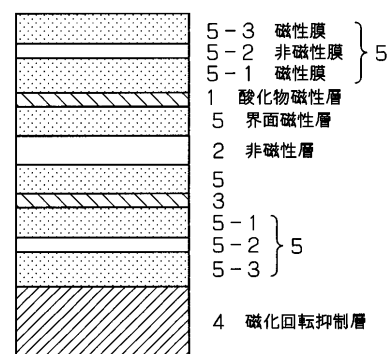
【図 2】



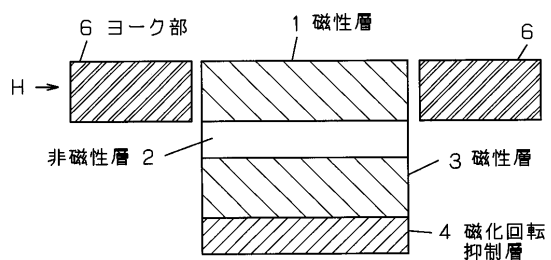
【図 3】



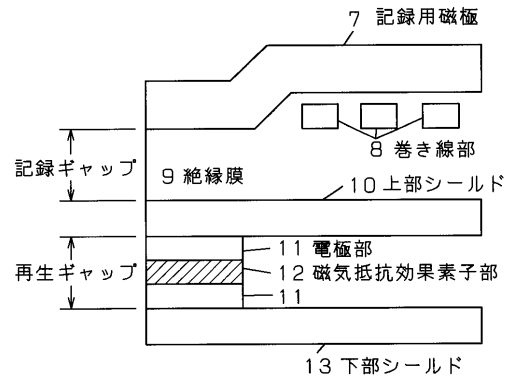
【図 4】



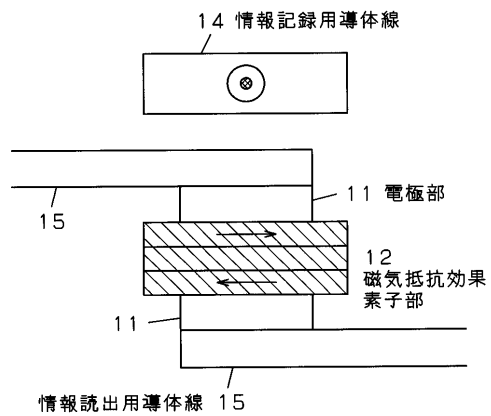
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 松川 望
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 足立 秀明
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 川村 裕二

- (56)参考文献 特表平 0 8 - 5 0 4 3 0 3 (J P , A)
特開平 1 0 - 0 4 1 5 6 1 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 3 5 0 3 8 (J P , A)
国際公開第 0 1 / 0 3 1 3 5 7 (W O , A 1)
特開 2 0 0 1 - 2 3 7 4 7 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 43/08
G11B 5/39
G11C 11/15
H01F 10/14
H01F 10/16