

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成 18 年 11 月 9 日 (2006.11.9)

【公開番号】特開 2000-340859 (P2000-340859A)

【公開日】平成 12 年 12 月 8 日 (2000.12.8)

【出願番号】特願 平 11-324037

【国際特許分類】

**H 0 1 L 43/08 (2006.01)**

**G 1 1 B 5/39 (2006.01)**

**G 1 1 C 11/15 (2006.01)**

**H 0 1 F 10/14 (2006.01)**

**H 0 1 F 10/16 (2006.01)**

【F I】

H 0 1 L 43/08 Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 C 11/15

H 0 1 F 10/14

H 0 1 F 10/16

【手続補正書】

【提出日】平成 18 年 9 月 22 日 (2006.9.22)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 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 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 Y - 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。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

【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、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 (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。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

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 によって磁氣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。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0025】

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。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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  $Ni_{0.5}Fe_{2.5}O_4$ 、 $Co_{0.5}Fe_{2.5}O_4$  を用

い、又非磁性層用にはCuタ - ゲットを用いた。真空チャンバー内を $1 \times 10^{-8}$  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<sup>°</sup> ッタリンク<sup>°</sup> 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。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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 - 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 - ゲットを用いた。真空チャンバー内を $1 \times 10^{-8}$  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<sup>°</sup> ッタリンク<sup>°</sup> 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)/Cu(22)/ $\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$  (20)/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。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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 $1 \times 10^{-8}$  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<sup>°</sup> ッタリンク<sup>°</sup> 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)/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)/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。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 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 $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ と $\text{Ni}_{0.1}$

$\text{Fe}_{0.2}$ を用いた。真空チャンバー内を $1 \times 10^{-8}$  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 °C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。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、磁性層用のターゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{2.8}\text{O}_4$ 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ターゲットを用いた。真空チャンバー内を $1 \times 10^{-8}$  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 °Cで磁界中熱処理を施し、PtMnの規則化を行った。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0045

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、磁性層用のターゲットには焼結した $\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ 、 $\text{Co}_{0.1}\text{Fe}_{2.9}\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuターゲットを、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 $1 \times 10^{-8}$  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 $\text{Al}_2\text{O}_3$ -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 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 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 °Cで熱処理して、固定層の容易方向を規定した後、更に、200 °C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。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

## 【補正の内容】

【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 $1 \times 10^{-8}$  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 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を用いた。

## 【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0051

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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、磁性層用のターゲットには焼結した $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を用い、又非磁性層用にはCuターゲットを、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 $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}$ と $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}$ を用いた。真空チャンバー内を $1 \times 10^{-8}$  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  $\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(2)/\text{Ru}(0.7)/\text{Ni}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}(1)/\text{Fe}_2\text{O}_3(0.6)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(1)/\text{Cu}(2.2)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Fe}_3\text{O}_4(0.6)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{Ru}(0.7)/\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}(2)/\text{PtMn}(15)$

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。

## 【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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。

## 【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0053

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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。