

【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 16 日 (2006.11.16)

【公開番号】特開 2005-109242 (P2005-109242A)

【公開日】平成 17 年 4 月 21 日 (2005.4.21)

【年通号数】公開・登録公報 2005-016

【出願番号】特願 2003-342456 (P2003-342456)

【国際特許分類】

H 0 1 L 43/08 (2006.01)

G 1 1 B 5/39 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 43/08 Z

G 1 1 B 5/39

【手続補正書】

【提出日】平成 18 年 9 月 27 日 (2006.9.27)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

強磁性層からなる自由層及び固定層と、強磁性層からなり、前記自由層及び固定層の間に設けられる平均自由行程以下の寸法を持つ 1 又は 2 以上のナノ接合部とを有し、前記ナノ接合部の内部に現れる磁壁が、主として、ブロッホ磁壁、ネール磁壁又はそれらが混在している磁壁であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】

前記磁壁が主としてブロッホ磁壁である請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子において、当該磁気抵抗効果素子の積層方向における前記ナノ接合部の寸法 h とナノ接合部の形成材料の格子定数 a とが、 $h < 4 \times a$ の関係であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】

前記磁壁が主としてネール磁壁である請求項 1 に記載の磁気抵抗効果素子において、当該磁気抵抗効果素子の積層方向における前記ナノ接合部の寸法 h とナノ接合部の形成材料の格子定数 a とが、 $h > 20 \times a$ の関係であることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】

強磁性層からなる前記自由層及び前記固定層が、分極率 0.5 以上の強磁性材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】

前記ナノ接合部及び当該ナノ接合部以外の部位である絶縁層と、前記自由層及び固定層の一方又は両方との間に、導電性薄層が設けられていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】

前記導電性薄層の厚さが 0.1 ~ 1 nm であることを特徴とする請求項 5 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】

前記絶縁層が、酸化物又は窒化物等の絶縁材料で構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】

信号を検出するためのセンス電流が、ナノ接合部を介して、前記自由層と固定層との間を流れることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の磁気抵抗効果素子を有することを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 10】

強磁性層からなる自由層及び固定層と、

強磁性層からなり、前記自由層及び固定層の間に設けられる 1 又は 2 以上のナノ接合部とを有し、

前記ナノ接合部及び当該ナノ接合部以外の部位である絶縁層と、前記自由層及び固定層の一方又は両方との間に、導電性薄層が設けられていることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

上記第 1 の目的を達成する本発明の磁気抵抗効果素子は、強磁性層からなる自由層及び固定層と、強磁性層からなり、前記自由層及び固定層の間に設けられる平均自由行程以下の寸法を持つ 1 又は 2 以上のナノ接合部とを有し、前記ナノ接合部の内部に現れる磁壁が、主として、ブロッホ磁壁、ネール磁壁又はそれらが混在している磁壁であることを特徴とする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

この発明によれば、強磁性層からなり平均自由行程以下の寸法を持つ 1 又は 2 以上のナノ接合部が、いずれも強磁性層からなる自由層と固定層との間に設けられているので、得られた磁気抵抗効果素子は、そのナノ接合部に由来する BMR 効果により高感度の信号検出を行うことができる。さらに本発明によれば、ナノ接合部の内部に現れる磁壁が、主として、ブロッホ磁壁、ネール磁壁又は双方が混在する磁壁であるので、それぞれ極小の磁壁エネルギー状態となっている。そのため、高い磁氣的安定性を確保することができる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

本発明の磁気抵抗効果素子 10 は、図 1 に示すように、強磁性層からなる自由層 1 及び固定層 2 と、強磁性層からなり、その自由層 1 及び固定層 2 の間に設けられる平均自由行程以下の寸法を持つ 1 又は 2 以上のナノ接合部 3 とを有する BMR 素子である。そして、そのナノ接合部 3 の内部に現れる磁壁は、主として、ブロッホ磁壁、ネール磁壁又はそれら双方が混在している磁壁となっている。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

このナノ接合部3は、スピン分極率が0.5以上の強磁性材料で形成されている。そうした強磁性材料としては、各種の強磁性材料を用いることが可能であるが、Fe（スピン分極率：0.5）、CoFe（スピン分極率：0.6～0.8）、CoFeNi（スピン分極率：0.6～0.8）等の強磁性金属群、CrO₂（スピン分極率：0.9～1）等の強磁性半金属群、及びFe₃O₄（スピン分極率：0.9～1）等の強磁性酸化物群から選択される材料が好ましく用いられる。なお、特に好ましい強磁性材料としては、CoFeを挙げることができる。

【手続補正6】

【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】

本発明において、ナノ接合部3の寸法は、平均自由行程以下の長さになっている。このナノ接合部3の寸法は、図1に示すように、幅方向の長さ（寸法）d及び積層方向の長さ（寸法）hで表される。従って、ナノ接合部3は、幅方向の長さ（寸法）d及び積層方向の長さ（寸法）hのいずれにおいても平均自由行程以下の長さになっている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】削除

【補正の内容】

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0028】

ナノ接合部3の幅方向の長さ（寸法）dは、平均自由行程以下であることが好ましい。平均自由行程も材料固有の値であり、ナノ接合部3を形成する強磁性材料により異なるが、多くの強磁性材料は5nm～15nm程度であるので、「平均自由行程以下」とは、「15nm以下」、乃至「5nm以下」と規定することができる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0029】

一方、ナノ接合部3の積層方向（高さ方向）の長さ（寸法）h（図1を正面視した場合においては上下方向の長さ）も、上記の幅方向の長さdと同様に、平均自由行程以下であることが好ましい。具体的には上記と同様に「15nm以下」、乃至「5nm以下」とすることができる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

ナノ接合部 3 の幅方向の長さ (寸法) d 及び積層方向の長さ (寸法) h が平均自由行程を超えた寸法である場合は、磁化が反並行の場合にナノ接合部 3 の磁壁は非常に厚くなり、そのナノ接合部 3 を通過する電子はスピン情報を保つことが難しくなる。その結果として、磁化の方向の変化に起因した磁気抵抗効果が得られ難くなることがある。従って、本発明においては、その寸法がスピン情報をよく保つことができる点で効果のある平均自由行程以下であることが望ましい。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 1】

すなわち、ナノ接合部 3 の幅方向の長さ (寸法) d 及び積層方向の長さ (寸法) h が平均自由行程以下になると、そのナノ接合部 3 が極薄磁壁の発生部となり、そのナノ接合部 3 を挟む態様で設けられている強磁性層からなる自由層 1 及び固定層 2 の間の相対的な磁化の配置関係を変化させることができる。これにより、強磁性層からなる自由層 1 及び固定層 2 の間の電気抵抗が変化する。本発明の磁気抵抗効果素子の場合、基本的に、磁場印加方向を変えても電気抵抗が磁場により減少する磁場領域が存在することから、ここで発生する磁気抵抗効果は、ナノ接合部 3 の部分で形成された磁壁により発生する磁気抵抗効果であるといえる。ここで、ナノ接合部 3 の磁壁は、磁化方向を異にする 2 つの部分 (ナノ接合部 3 を挟む 2 つの強磁性層) の遷移領域として作用する。そして、本発明においては、磁化方向及び印加磁場の大きさに応じて 50 % 以上の大きな磁気抵抗効果が発生する。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 5】

1 又は 2 以上のナノ接合部 3 を挟むように配置される自由層 1 と固定層 2 は、いずれも強磁性層である。なお、ナノ接合部 3 を挟むように配置される強磁性層とは、自由層 1 を構成する強磁性層が 2 以上ある場合にはナノ接合部側に配置される強磁性層のことであり、固定層 2 を構成する強磁性層が 2 以上ある場合にはナノ接合部側に配置される強磁性層のことである。本発明においては、これらの強磁性層がスピン分極率が 0.5 以上の強磁性材料で形成されている。そうした強磁性材料としては、各種の強磁性材料を用いることが可能であるが、上記のナノ接合部 3 と同様の材料が好ましく用いられ、例えば、 Fe (スピン分極率: 0.5)、 CoFe (スピン分極率: 0.6 ~ 0.8)、 CoFeNi (スピン分極率: 0.6 ~ 0.8) 等の強磁性金属群、 CrO_2 (スピン分極率: 0.9 ~ 1) 等の強磁性半金属群、及び Fe_3O_4 (スピン分極率: 0.9 ~ 1) 等の強磁性酸化物群から選択される材料が好ましく用いられる。なお、特に好ましい強磁性材料としては、 CoFe を挙げることができる。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 2】

自由層 1 を構成する強磁性層は、上述したようなスピン分極率が 0.5 以上の各種の強磁性材料を用いることが好ましい。具体的には、 CoFe 等の材料が特に好ましく、スパッタリングや蒸着等の方法で通常 0.5 ~ 5 nm の厚さで成膜される。

【手続補正 1 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 5】

2つの強磁性層を強磁性結合で設ける場合は、ナノ接合部3から離れた位置に配置される強磁性層は分極率の高い材料で形成され、ナノ接合部3に隣接して設けられ強磁性層は磁歪の小さい軟磁性材料で形成される。こうした組合せで形成することにより、高感度と広い線形動作を確保することができるという効果がある。分極率の高い材料としては、前記したスピン分極率が0.5以上の各種の強磁性材料を用いることが可能であるが、CoFe等の材料が特に好ましく、スパッタリングや蒸着等の方法で、通常0.5～5nm程度の厚さで形成される。また、磁歪の小さい軟磁性材料としては、Ni、NiFeが特に好ましく、スパッタリングや蒸着等の方法で、通常0.5～5nm程度の厚さで形成される。