

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月7日(07.09.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/159129 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 43/10 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)

(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/001187

(22) 国際出願日: 2018年1月17日(17.01.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2017-040526 2017年3月3日(03.03.2017) JP

(71) 出願人: T D K株式会社(TDK CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080023 東京都港区芝浦三丁目
9番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 犬伏 和 海 (INUBUSHI Kazuomi);
〒1080023 東京都港区芝浦三丁目9番1号 T D
K株式会社内 Tokyo (JP). 中田 勝之(NAKADA
Katsuyuki); 〒1080023 東京都港区芝浦三丁目
9番1号 T D K株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki
et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二
丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A

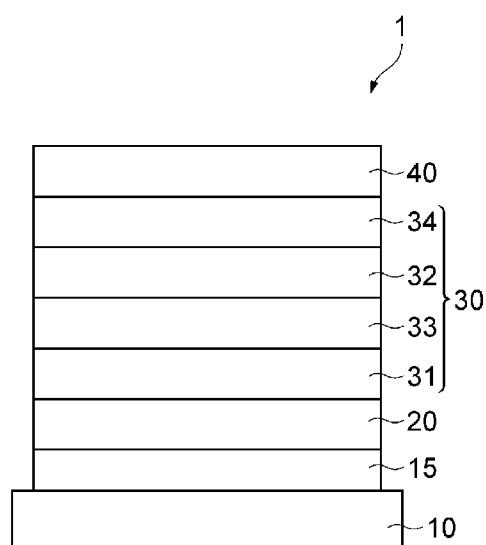
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT

(54) 発明の名称: 磁気抵抗効果素子

[図1]



(57) Abstract: This magnetoresistance effect element is provided with: a first ferromagnetic layer which serves as a fixed magnetization layer; a second ferromagnetic layer which serves as a free magnetization layer; and a non-magnetic spacer layer provided between the first ferromagnetic layer and the second ferromagnetic layer. The non-magnetic spacer layer includes an Ag alloy represented by general formula (1), namely $Ag_\gamma X_{1-\gamma}$, wherein X represents one element selected from the group consisting of Al, Cu, Ga, Ge, As, Y, La, Sm, Yb, and Pt, and γ satisfies the expression $0 < \gamma < 1$. As a result, the lattice mismatch between the non-magnetic spacer layer and the first ferromagnetic layer and/or the second ferromagnetic layer is smaller than the lattice mismatch when the non-magnetic spacer layer comprises Ag.

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：磁気抵抗効果素子は、磁化固定層としての第一の強磁性層と、磁化自由層としての第二の強磁性層と、第一の強磁性層と第二の強磁性層との間に設けられた非磁性スペーサ層と、を備え、非磁性スペーサ層は、一般式（1）で表わされるA g 合金を含み、それにより非磁性スペーサ層と、第一の強磁性層及び／又は第二の強磁性層との間の格子不整合は、非磁性スペーサ層がA g からなるときの格子不整合に比べて小さくなる。 $A g_{\gamma} X_{1-\gamma} \cdots$ （1）式中、Xは、Al、Cu、Ga、Ge、As、Y、La、Sm、Yb、及びPt からなる群より選択される一の元素を表し、 γ は、 $0 < \gamma < 1$ である。

明 細 書

発明の名称：磁気抵抗効果素子

技術分野

[0001] 本発明は、磁気抵抗効果素子に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 に記載の磁気抵抗効果素子は、第 1 のハーフメタル強磁性体層、第 2 のハーフメタル強磁性体層、及び第 1 のハーフメタル強磁性体層と第 2 のハーフメタル強磁性体層との間に挟まれた非磁性金属体層（非磁性スペーサ層）を有する。これらの 3 つの層は、磁気抵抗層を構成する。第 1 のハーフメタル強磁性体層及び第 2 のハーフメタル強磁性体層のうち少なくとも一方が、ホイスラー合金から成っており、非磁性金属体層が、A g から成っている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 1 9 0 9 1 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

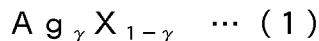
[0004] 特許文献 1 に記載の磁気抵抗効果素子では、強磁性体層がホイスラー合金から成るため、当該強磁性体層と、A g から成る非磁性金属体層との間の格子不整合が大きい。このように磁気抵抗層における強磁性体層と非磁性金属体層との間の格子不整合が大きい磁気抵抗効果素子では、これらの層の結晶性を向上させることが難しいので、磁気抵抗効果を十分に向上させることは困難である。

[0005] 本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、磁気抵抗効果が大きい磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明に係る磁気抵抗効果素子は、磁化固定層としての第一の強磁性層と

、磁化自由層としての第二の強磁性層と、第一の強磁性層と第二の強磁性層との間に設けられた非磁性スペーサ層と、を備え、非磁性スペーサ層は、一般式（１）で表わされるＡｇ合金を含み、それにより非磁性スペーサ層と、第一の強磁性層及び／又は第二の強磁性層との間の格子不整合は、非磁性スペーサ層がＡｇからなるときの格子不整合に比べて小さくなる、磁気抵抗効果素子。



式中、Ｘは、Ａｌ、Ｃｕ、Ｇａ、Ｇｅ、Ａｓ、Ｙ、Ｌａ、Ｓｍ、Ｙｂ、及びＰｔからなる群より選択される一の元素を表し、 γ は、 $0 < \gamma < 1$ である。

[0007] この磁気抵抗効果素子によれば、非磁性スペーサ層は、当該非磁性スペーサ層がＡｇからなるときに比べて当該非磁性スペーサ層と、第一の強磁性層及び／又は第二の強磁性層との間の格子不整合が小さくなるように、一般式（１）で表わされるＡｇ合金を含む。そのため、この磁気抵抗効果素子によれば、第一の強磁性層及び／又は第二の強磁性層と、非磁性スペーサ層の結晶性が向上するので、大きな磁気抵抗効果を発揮することができる。

[0008] 本発明に係る磁気抵抗効果素子では、一般式（１）で表されるＡｇ合金の結晶構造は、面心立方格子構造を有してもよい。

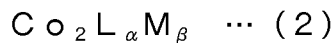
[0009] この磁気抵抗効果素子によれば、Ａｇ合金の結晶構造が面心立方格子構造を有することができるので、非磁性スペーサ層と第一の強磁性層及び第二の強磁性層とが高い結晶品質で積層される。また、この高い結晶品質によって、本発明に係る磁気抵抗効果素子は大きな磁気抵抗効果を発揮できる。

[0010] 本発明に係る磁気抵抗効果素子では、一般式（１）において、 $0.75 < \gamma < 1$ であってもよい。

[0011] この磁気抵抗効果素子によれば、当該非磁性スペーサ層の結晶構造が安定して面心立方格子構造を取ることができる。その結果、非磁性スペーサ層と第一の強磁性層及び第二の強磁性層とをより高い結晶品質で積層することができるため、より大きな磁気抵抗効果が発揮される。

[0012] 本発明に係る磁気抵抗効果素子では、第一の強磁性層及び第二の強磁性層

の少なくとも一つは、一般式（２）で表されるホイスラー合金を含んでもよい。



式中、Lは、Mn及びFeの少なくとも一以上の元素であり、Mは、Si、Al、Ga、及びGeからなる群より選択される一以上の元素を表し、 $0.7 < \alpha < 1.6$ であり、 $0.65 < \beta < 1.35$ である。

[0013] この磁気抵抗効果素子によれば、 $0.7 < \alpha < 1.6$ かつ $0.65 < \beta < 1.35$ であるので、第一の強磁性層及び第二の強磁性層のホイスラー合金は、化学量論的組成を有する場合に近い格子定数を有する。その結果、第一の強磁性層及び／又は第二の強磁性層と、非磁性スペーサ層との間の格子不整合をより低減できる。

[0014] 本発明に係る磁気抵抗効果素子では、一般式（１）において、Xは、Y、La、Sm、Yb、及びPtからなる群より選択される一の元素であってもよい。

[0015] この磁気抵抗効果素子によれば、第一の強磁性層及び第二の強磁性層に含まれる元素と、非磁性スペーサ層に含まれる元素とが、互いに、元素の周期表において同じ族及び周期に属さない。そのため、第一の強磁性層及び第二の強磁性層と、非磁性スペーサ層との間において、それらに含まれる元素の拡散が抑制される。

[0016] 本発明に係る磁気抵抗効果素子では、一般式（２）において、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ であってよい。

[0017] この磁気抵抗効果素子によれば、第一の強磁性層及び第二の強磁性層に含まれるホイスラー合金が、ハーフメタル特性を維持し易くなる。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、磁気抵抗効果が大きい磁気抵抗効果素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面を示す図である。

[図2]実施例に係る磁気抵抗デバイスを示す図である。

[図3]図3の(a)部は、 α と規格化MR比との関係を示す図であり、図3の(b)部は、 β と規格化MR比との関係を示す図である。図3の(c)部は、 $\alpha + \beta$ と規格化MR比との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

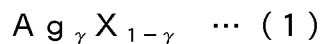
[0020] 以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態を詳細に説明する。なお、各図面において、可能な場合には同一要素には同一符号を用いる。また、図面中の構成要素内及び構成要素間の寸法比は、図面の見易さのため、それぞれ任意となっている。

[0021] 図1は、実施形態に係る磁気抵抗効果素子の断面を示す図である。磁気抵抗効果素子1は、基板10、結晶配向層15、下地層20、磁気抵抗層30、及びキャップ層40をこの順に備える。磁気抵抗層30は、磁化自由層としての第一の強磁性層31、磁化固定層としての第二の強磁性層32、第一の強磁性層31と第二の強磁性層32との間に設けられた非磁性スペーサ層33、及び反強磁性体層34を有する。第二の強磁性層32は、非磁性スペーサ層33の上に設けられ、反強磁性体層34は、第二の強磁性層32の上に設けられる。磁気抵抗効果素子1は、例えば、スパッタ法、蒸着法といった製造方法によって基板10上に結晶配向層15からキャップ層40までの各層を積層することにより作製される。磁気抵抗効果素子1は、積層方向（各層の膜面に垂直な方向）に沿って検出用電流が流されるC P P (Current Perpendicular to Plane) 構造の磁気抵抗効果素子である。

[0022] 基板10は、例えば、金属酸化物単結晶、シリコン単結晶、熱酸化膜付シリコン単結晶、サファイア単結晶、セラミック、石英、及びガラスを含む。基板10に含まれる材料は、適度な機械的強度を有し、且つ熱処理や微細加工に適した材料であれば、特に限定されない。金属酸化物単結晶としては、例えば、MgO単結晶が挙げられ、MgO単結晶を含む基板によれば、容易にエピタキシャル成長膜が形成される。このエピタキシャル成長膜は、大きな磁気抵抗特性を示すことができる。

[0023] 下地層 20 は、検出用電流を流すための電極となることができて、例えば、Ag、Au、Cu、Cr、V、Al、W、及びPtの少なくとも一つの金属元素を含む。下地層 20 は、これらの金属元素の合金、又はこれら金属元素の 2 種類以上からなる材料の積層体を含んでもよい。金属元素の合金には、例えば、立方晶系の AgZn 合金、AgMg 合金及びNiAl 合金が含まれる。必要に応じて、下地層 20 と基板 10 との間に、上部の層の結晶配向を制御するための結晶配向層 15 が設けられてもよい。結晶配向層 15 は、例えば、MgO、TiN 及びNiTa 合金の少なくとも一種類を含む。

[0024] 非磁性スペーサ層 33 は、一般式 (1) で表わされる Ag 合金を含む。



この一般式 (1) において、X は、Al、Cu、Ga、Ge、As、Y、La、Sm、Yb、及びPt からなる群より選択される一の元素であり、 γ は、 $0 < \gamma < 1$ である。非磁性スペーサ層 33 の厚さは、例えば、1 nm 以上、10 nm 以下である。

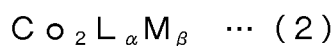
[0025] 磁化自由層として機能する第一の強磁性層 31 は、軟磁性材料で構成され、磁化方向が実質的に固定されていない。そのため、測定対象に外部磁界が印加されると、その方向に磁化方向が容易に変化する。磁化固定層として機能する第二の強磁性層 32 の磁化方向は、外部磁界に対して第一の強磁性層 31 の磁化方向よりも変化し難い。好ましくは、第二の強磁性層 32 の磁化方向は、測定対象の外部磁界に対して実質的に固定されており、測定対象の外部磁界に対して実質的に変化しない。磁気抵抗層 30 に外部磁場が印加され、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 の相対的な磁化方向が変化することによって、磁気抵抗層 30 の抵抗値が変化して磁気抵抗効果を発揮する。

[0026] 反強磁性体層 34 は、第二の強磁性層 32 の非磁性スペーサ層 33 側とは反対側の面上に設けられている。反強磁性体層 34 は、第二の強磁性層 32 と交換結合し、第二の強磁性層 32 に一方向異方性を付与することによって、第二の強磁性層 32 の磁化の方向を実施的に固定させるために使用される。

。反強磁性体層 34 の材料としては、例えば、FeMn 合金、PtMn 合金、PtCrMn 合金、NiMn 合金、IrMn 合金、NiO、Fe₂O₃ が挙げられる。第一の強磁性層 31 の厚さは、1 nm ～ 20 nm であり、第二の強磁性層 32 の厚さは、1 nm ～ 20 nm である。反強磁性体層 34 の厚さは、5 nm ～ 15 nm である。第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 について、例えば、それらの層の厚さを変えるなどの手法によって、第二の強磁性層 32 の保磁力が、第一の強磁性層 31 の保磁力より大きく、かつ、第二の強磁性層 32 の磁化方向が測定対象の外部磁場に対して実質的に固定される程度の大きさを有するときは、必ずしも反強磁性体層 34 は設けられなくてもよい。

[0027] 磁気抵抗層 30 では、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 の一方が磁化自由層であり、他方が磁化固定層であればよい。第一の強磁性層 31 が磁化固定層であり、第二の強磁性層 32 が、磁化自由層であってもよい。この場合、反強磁性体層 34 は、第二の強磁性層 32 の非磁性スペーサ層 33 側とは反対側の面上に設けられる。

[0028] 第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 の少なくとも一つは、一般式 (2) で表されるホイスラー合金を含むことができ、好ましくは実質的に当該ホイスラー合金からなる。



一般式 (2) において、L は、Mn 及び Fe の少なくとも一以上の元素であり、M は、Si、Al、Ga、及び Ge からなる群より選択される一以上の元素である。また、 $0.7 < \alpha < 1.6$ であり、 $0.65 < \beta < 1.35$ である。

[0029] 一般式 (2) で表されるホイスラー合金は、高いスピン分極率を有するので、磁気抵抗効果素子 1 が大きな磁気抵抗効果を発揮できて好ましい。また、 $0.7 < \alpha < 1.6$ かつ $0.65 < \beta < 1.35$ という条件が満たされるため、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 のホイスラー合金は、化学量論的組成を有する場合に近い格子定数を有する。そのため、第一の強磁

性層 3 1 及び／又は第二の強磁性層 3 2 と、非磁性スペーサ層 3 3 との間の格子不整合が小さくなるという後述の効果が特に顕著となる。ただし、当該ホイスラー合金においては、 $0.7 < \alpha < 1.6$ かつ $0.65 < \beta < 1.35$ という条件が満たされなくてもよい。

[0030] 当該ホイスラー合金の結晶構造は、A 2 構造、B 2 構造、又は L 2₁ 構造を有することができる。B 2 構造のホイスラー合金は、A 2 構造のホイスラー合金よりも高いスピン分極率を有するので好ましく、L 2₁ 構造のホイスラー合金は、B 2 構造のホイスラー合金よりも高いスピン分極率を有するので更に好ましい。

[0031] 表 1 は、一般式 (2) を満たすいくつかのホイスラー合金、Fe 及び Co のスピン分極率 P の文献値を示す表である。一般式 (2) を満たすホイスラー合金のスピン分極率 P は、Fe のスピン分極率 46% 及び Co のスピン分極率 45% よりも大きいことが示される。

[0032]

[表1]

ホイスラー合金	P (%)
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Ge}_{0.75}\text{Ga}_{0.25})$	74
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Ga}_{0.5}\text{Sn}_{0.5})$	72
$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Si}_{0.75}\text{Ge}_{0.25})$	70
$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ga}_{0.5}\text{Ge}_{0.5})$	68
$\text{Co}_2(\text{Cr}_{0.02}\text{Fe}_{0.98})\text{Ga}$	67
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{GeSn})$	67
$\text{Co}_2(\text{Mn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05})\text{Sn}$	65
$(\text{Co}, \text{Fe})_2\text{MnGe}$	65
$\text{Co}_2(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{Ga}$	65
$\text{Co}_2(\text{Cr}_{0.02}\text{Fe}_{0.98})\text{Si}$	65
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Ti}, \text{Sn})$	64
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Al}_{0.5}\text{Sn}_{0.5})$	63
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Ga}_x\text{Si}_{1-x})$	63
$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Al}, \text{Ga})$	63
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{SiGe})$	63
$\text{Co}_2(\text{Mn}_{0.5}\text{Fe}_{0.5})\text{Si}$	61
$\text{Co}_2(\text{Cr}, \text{Fe})\text{Al}$	60
$\text{Co}_2\text{Mn}(\text{Al}_{0.5}\text{Si}_{0.5})$	60
$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ga}_{0.5}\text{Si}_{0.5})$	60
$\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Al}_{0.5}\text{Si}_{0.5})$	60
Co_2MnSi	56
Co_2MnGe	58
Co_2MnSn	60
Co_2MnAl	60
Co_2MnGa	60
Co_2CrAl	62
Co_2FeAl	59
Co_2FeSi	60
Co_2FeGa	58
Co_2CrGa	61
Co_2TiSn	57
Co_2VAl	48
Fe	46
Co	45

[0033] 第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 は、 Co_2CrIn 、 Co_2CrSn 等のホイスラー合金又は、 Fe_3O_4 、 CrO_2 、 CoFeB 等の強磁性材料を含むことができ、又は実質的に当該強磁性材料から成ることができる。

。

[0034] キャップ層 40 は、磁気抵抗層 30 を保護するために設けられる。キャップ層 40 は、例えば、Ru、Ag、Al、Cu、Au、Cr、Mo、Pt、W、Ta、Pd、及びIrの一以上の金属元素、これら金属元素の合金、又は、これら金属元素の2種類以上からなる材料の積層体を含んでよい。

[0035] 磁気抵抗効果素子1の作製工程では、必要に応じて、熱処理が行われる。また、必要に応じて、磁場印加処理が行われ、第一の強磁性層31及び／又は第二の強磁性層32に対して一軸磁気異方性といった磁気異方性が付与される。磁場印加処理は、熱処理と共に行われてもよい。

[0036] 上述のような本実施形態の磁気抵抗効果素子1では、非磁性スペーサ層33は、一般式(1)で表わされるAg合金を含み、それにより非磁性スペーサ層33と、第一の強磁性層31及び／又は第二の強磁性層32との間の格子不整合は、非磁性スペーサ層33がAgからなると想定した場合の格子不整合に比べて小さい。例えば、一般式(1)を満たす $Ag_\gamma Ga_{1-\gamma}$ からなる非磁性スペーサ層33と、第一の強磁性層31及び／又は第二の強磁性層32との間の格子不整合は、Agからなると想定された非磁性スペーサ層33と、第一の強磁性層31及び／又は第二の強磁性層32との間の想定される格子不整合に比べて小さい。そのため、本実施形態の磁気抵抗効果素子1によれば、第一の強磁性層31及び／又は第二の強磁性層32と、非磁性スペーサ層33との結晶性が向上するので、大きな磁気抵抗効果を発揮することができる。

[0037] また、上述の本実施形態の磁気抵抗効果素子1においては、非磁性スペーサ層33のAg合金の結晶構造は、面心立方格子構造(fcc構造)を有してもよい。Ag合金の結晶構造がfcc構造を有することができるので、非磁性スペーサ層33と、第一の強磁性層31及び第二の強磁性層32とが高い結晶品質で積層される。また、この高い結晶品質によって、本実施形態に係る磁気抵抗効果素子は大きな磁気抵抗効果を発揮できる。これらの効果は、第一の強磁性層31及び第二の強磁性層32の結晶構造もfcc構造を取

る場合に、特に顕著となる。

[0038] 上述の本実施形態の磁気抵抗効果素子 1 において、非磁性スペーサ層 33 に含まれる A g 合金では、 $0.75 < \gamma < 1$ であってもよい。これにより、非磁性スペーサ層 33 の結晶構造がより安定して f c c 構造を取ることができるので、非磁性スペーサ層 33 と、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 とをより高い結晶品質で積層することができる。この効果は、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 も f c c 構造を取る場合に、特に顕著となる。ただし、非磁性スペーサ層 33 の A g 合金においては、 $0.75 < \gamma < 1$ が満たされなくてもよい。

[0039] また、上述の本実施形態の磁気抵抗効果素子 1 において、非磁性スペーサ層 33 に含まれる A g 合金では、 $\gamma < 0.98$ であることが好ましく、 $\gamma < 0.96$ であることがより好ましい。さらには、 $\gamma < 0.90$ であることが好ましく、 $\gamma < 0.85$ であることがより好ましい。A g 合金において γ がこれらの値を有することにより、非磁性スペーサ層 33 に含まれる A g の割合が低減される。A g の割合が低減された非磁性スペーサ層 33 は、A g からなる非磁性スペーサ層 33 に比べて、非磁性スペーサ層 33 と、第一の強磁性層 31 及び／又は第二の強磁性層 32 との間の格子不整合を特に小さくできる。

[0040] 上述の本実施形態の磁気抵抗効果素子 1 では、一般式 (1) において、X は、Y、L a、S m、Y b、及び P t からなる群より選択される一の元素であってもよい。この場合、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 に含まれる元素と、非磁性スペーサ層 33 に含まれる元素とが、互いに、元素の周期表において同じ族及び周期に属さない。そのため、第一の強磁性層 31 及び第二の強磁性層 32 と、非磁性スペーサ層 33 との間において、それらに含まれる元素の拡散が抑制される。この拡散の抑制は、磁気抵抗効果を増大させる。

[0041] 上述の本実施形態の磁気抵抗効果素子 1 では、一般式 (1) において、X は、L a、S m、Y b、及び P t からなる群より選択される一の元素であつ

てよい。この場合、元素の周期表において、第一の強磁性層 3 1 及び第二の強磁性層 3 2 に含まれる元素が属する周期と、非磁性スペーサ層 3 3 に含まれる元素が属する周期とが、互いに、2 周期以上ずれている。そのため、第一の強磁性層 3 1 及び第二の強磁性層 3 2 と、非磁性スペーサ層 3 3 との間において、それらに含まれる元素の拡散が更に抑制される。この拡散の抑制は、磁気抵抗効果をさらに増大させる。

[0042] 一般式 (2) において、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ であってよい。一般式 (2) で表されるホイスラー合金では、C o が L、M サイトに置換されるとスピン分極率が低下するが、L、M サイトの元素が C o サイトに置換された場合は、スピン分極率への影響は少ないことが理論的に示されている。そのため、 $2 < \alpha + \beta$ であれば、C o が L、M サイトに置換されることが抑制されるので、元素置換に起因するスピン分極率の低下が抑制される。一方、 $2.6 \leq \alpha + \beta$ のときには、ホイスラー合金の磁化量が低下する。そのため、当該ホイスラー合金において、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ の条件が満たされると、ハーフメタル特性が維持され易くなって、より大きな磁気抵抗効果が得られる。ただし、当該ホイスラー合金においては、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ の条件が満たされなくてもよい。

[0043] 表 2 ～ 表 4 は、磁気抵抗効果素子の格子不整合の例を示すための表である。具体的には、表 2 は、本実施形態の非磁性スペーサ層 3 3 を構成し得る材料の例（第 1 例～第 2 8 例）及び A g（第 2 9 例）と、それらの材料が f c c 構造を有する場合の格子定数の文献値を示す表である。表 3 は、本実施形態の第一の強磁性層 3 1 及び第二の強磁性層 3 2 を構成し得る材料の例（合金 A ～ 合金 G）と、それらの材料の格子定数の文献値を示す表である。

[0044] 表 4 は、表 2 に示す第 1 例～第 2 9 例のそれぞれに対する、表 3 に示す合金 A ～ 合金 G のそれぞれの格子不整合率を示す表である。表 4 における格子不整合率は、百分率で示され、下記の式 (3) によって求められる。

$$\text{格子不整合率 (\%)} = ((a \times \sqrt{2} - b) / b) \times 100 (\%) \quad \cdots (3)$$

この式（３）において、 a は、表２に示す第１例～第２９例の格子定数、 b は、表３に示す合金Ａ～合金Ｇの格子定数を示す。また、 $\sqrt{2}$ は、２の平方根を意味する。式（３）によって、第１例～第２９例のそれぞれの（００１）面の〔１１０〕方向と、合金Ａ～合金Ｇのそれぞれの（００１）面の〔１００〕方向との格子不整合率を算出している。

[0045] [表2]

	非磁性スペーサ層	格子定数(nm)
第１例	$\text{Ag}_{0.65}\text{Li}_{0.35}$	0.4042
第２例	$\text{Ag}_{0.79}\text{Al}_{0.21}$	0.4065
第３例	$\text{Ag}_{0.84}\text{Mn}_{0.16}$	0.4085
第４例	$\text{Ag}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$	0.4030
第５例	$\text{Ag}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}$	0.3830
第６例	$\text{Ag}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}$	0.3877
第７例	$\text{Ag}_{0.97}\text{Cu}_{0.03}$	0.4088
第８例	$\text{Ag}_{0.84}\text{Ga}_{0.16}$	0.4072
第９例	$\text{Ag}_{0.84}\text{Ge}_{0.16}$	0.4090
第１０例	$\text{Ag}_{0.93}\text{As}_{0.07}$	0.4097
第１１例	$\text{Ag}_{0.98}\text{Y}_{0.02}$	0.4092
第１２例	$\text{Ag}_{0.5}\text{Pd}_{0.5}$	0.3911
第１３例	$\text{Ag}_{0.99}\text{La}_{0.01}$	0.4086
第１４例	$\text{Ag}_{0.98}\text{Ce}_{0.02}$	0.4087
第１５例	$\text{Ag}_{0.975}\text{Pr}_{0.025}$	0.4087
第１６例	$\text{Ag}_{0.97}\text{Nd}_{0.03}$	0.4087
第１７例	$\text{Ag}_{0.9975}\text{Sm}_{0.0025}$	0.4087
第１８例	$\text{Ag}_{0.9975}\text{Eu}_{0.0025}$	0.4089
第１９例	$\text{Ag}_{0.95}\text{Gd}_{0.05}$	0.4096
第２０例	$\text{Ag}_{0.95}\text{Tb}_{0.05}$	0.4097
第２１例	$\text{Ag}_{0.95}\text{Dy}_{0.05}$	0.4091
第２２例	$\text{Ag}_{0.935}\text{Er}_{0.065}$	0.4099
第２３例	$\text{Ag}_{0.99}\text{Yb}_{0.01}$	0.4088
第２４例	$\text{Ag}_{0.06}\text{Pt}_{0.94}$	0.3929
第２５例	$\text{Ag}_{0.5}\text{Pt}_{0.5}$	0.3980
第２６例	$\text{Ag}_{0.67}\text{Pt}_{0.33}$	0.4004
第２７例	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	0.4058
第２８例	$\text{Ag}_{0.5}\text{Au}_{0.5}$	0.4077
第２９例	Ag	0.41

[0046]

[表3]

	ホイスラー合金の種類	格子定数 (nm)
合金A	Co_2MnSi	0.5606
合金B	Co_2MnGe	0.5711
合金C	Co_2MnGa	0.577
合金D	Co_2FeGa	0.5677
合金E	Co_2MnAl	0.5664
合金F	Co_2FeAl	0.573
合金G	Co_2FeGeGa	0.574

[0047] [表4]

	合金A の格子 不整合 率 (%)	合金B の格子 不整合 率 (%)	合金C の格子 不整合 率 (%)	合金D の格子 不整合 率 (%)	合金E の格子 不整合 率 (%)	合金F の格子 不整合 率 (%)	合金G の格子 不整合 率 (%)	評価
第1例	1.97	0.09	-0.93	0.69	0.92	-0.24	-0.41	A
第2例	2.55	0.66	-0.37	1.26	1.50	0.33	0.15	A
第3例	3.06	1.17	0.13	1.77	2.01	0.83	0.66	A
第4例	1.66	-0.21	-1.23	0.39	0.62	-0.54	-0.71	A
第5例	-3.38	-5.16	-6.13	-4.59	-4.37	-5.47	-5.64	B
第6例	-2.21	-4.01	-4.99	-3.43	-3.21	-4.32	-4.49	B
第7例	3.12	1.22	0.19	1.83	2.06	0.89	0.71	A
第8例	2.72	0.83	-0.20	1.44	1.67	0.50	0.33	A
第9例	3.18	1.28	0.24	1.89	2.12	0.94	0.77	A
第10例	3.35	1.45	0.41	2.06	2.29	1.11	0.94	A
第11例	3.22	1.32	0.28	1.92	2.16	0.98	0.81	A
第12例	-1.34	-3.15	-4.14	-2.57	-2.35	-3.47	-3.64	B
第13例	3.09	1.19	0.16	1.80	2.03	0.86	0.68	B
第14例	3.10	1.20	0.17	1.81	2.04	0.87	0.69	A
第15例	3.10	1.21	0.17	1.81	2.05	0.87	0.69	A
第16例	3.11	1.21	0.18	1.82	2.05	0.88	0.70	A
第17例	3.11	1.21	0.18	1.82	2.05	0.88	0.70	A
第18例	3.15	1.26	0.22	1.86	2.10	0.92	0.74	A
第19例	3.33	1.43	0.39	2.04	2.27	1.09	0.92	A
第20例	3.36	1.46	0.42	2.06	2.30	1.12	0.94	A
第21例	3.20	1.31	0.27	1.91	2.15	0.97	0.79	A
第22例	3.41	1.51	0.48	2.12	2.36	1.18	1.00	A
第23例	3.13	1.23	0.20	1.84	2.07	0.90	0.72	A
第24例	-0.88	-2.71	-3.70	-2.12	-1.90	-3.03	-3.20	A
第25例	0.40	-1.44	-2.45	-0.85	-0.63	-1.77	-1.94	B
第26例	1.01	-0.85	-1.86	-0.26	-0.03	-1.18	-1.35	B
第27例	2.37	0.49	-0.54	1.09	1.32	0.15	-0.02	A
第28例	2.85	0.96	-0.07	1.57	1.80	0.63	0.45	A
第29例	3.43	1.53	0.49	2.14	2.37	1.19	1.02	-

[0048] 表4には、第1例～第28例の評価結果も示されている。表4では、第1例～第28例のうち、合金A～合金Gの6つ以上に対して、第29例における格子不整合率よりも小さい格子不整合率を示す例について、「特に良好」を意味する「A」と評価している。また、第1例～第28例のうち、合金A～合金Gの1つ以上5つ以下において、第29例における格子不整合率よりも小さい格子不整合率を示す例について、「良好」を意味する「B」と評価している。

[0049] 表4に示すように、Ag合金 ($\text{Ag}_\gamma\text{X}_{1-\gamma}$) の γ が $0 < \gamma < 1$ であるときの例（第1例～第28例）では、「A」又は「B」と評価されており、 γ が $0.75 < \gamma < 1$ であるときの例（第1例～第4例、第7例～第11例、第14例～第24例、第27例、及び第28例）では、「A」と評価されている。評価Bの例の材料を本実施形態の非磁性スペーサ層33として用いれば、第一の強磁性層31及び／又は第二の強磁性層32と、非磁性スペーサ層33の結晶性が向上し、大きな磁気抵抗効果を発揮すると考えられ、評価Aの例の材料を本実施形態の非磁性スペーサ層33として用いれば、当該結晶性がさらに向上し、さらに大きな磁気抵抗効果を発揮すると考えられる。

実施例

[0050] 以下、本発明の実施例および比較例により、さらに磁気抵抗効果素子について説明するが、本発明は下記例に制限されない。

[0051] 表5は、後述のように作成した実施例1～25及び比較例1に係る磁気抵抗効果素子における非磁性スペーサ層のAg合金、第一の強磁性層及び第二の強磁性層のホイスラー合金 ($\text{Co}_2\text{L}_\alpha\text{M}_\beta$)、 α 、 β 、 $\alpha + \beta$ の値、及び規格化MR比をまとめて示す表である。

[0052] 磁気抵抗効果素子における磁気抵抗比（MR比）は、測定された磁気抵抗の大きさから見積もられる。MR比は、百分率で示され、下記の式（4）によって求められる。

$$\text{MR比}(\%) = ((R_{AP} - R_P) / R_P) \times 100(\%) \quad \cdots (4)$$

この式（4）において、 R_{AP} は、第一の強磁性層の磁化の向きと第二の強磁

性層の磁化の向きとが反平行であるときの磁気抵抗効果素子の抵抗の大きさである。また、 R_p は、第一の強磁性層の磁化の向きと第二の強磁性層の磁化の向きとが平行であるときの磁気抵抗効果素子の抵抗の大きさである。

[0053] 表5において、上述の定義に従って測定した各実施例及び比較例1のMR比から求めた、各実施例及び比較例1の規格化MR比を示している。規格化MR比とは、各実施例及び比較例1におけるMR比を、比較例1におけるMR比で割ることによって算出した値を意味する。

[0054] 図2は、磁気抵抗効果素子のMR比を評価可能な、磁気抵抗デバイスを示す図である。磁気抵抗デバイス50は、第1電極層51と、当該第1電極層51と共に磁気抵抗効果素子1を挟む第2電極層52とを備える。磁気抵抗効果素子1は、磁気抵抗特性の測定に適する形状に微細加工されている。第1電極層51が磁気抵抗効果素子1の基板10に接続され、第2電極層52が磁気抵抗効果素子1のキャップ層40に接続されている。磁気抵抗デバイスは、電源53と電圧計54とを更に備え、電源53及び電圧計54が、共に、第1電極層51及び第2電極層52に接続されている。電源53によって磁気抵抗効果素子1に積層方向に電流を印加し、この際の磁気抵抗効果素子1への印加電圧を電圧計54によってモニターすることができる。磁気抵抗効果素子1に積層方向に一定電流を流した状態で、外部から磁気抵抗効果素子1に磁場を掃引しながら磁気抵抗効果素子1への印加電圧を電圧計54によってモニターすることにより、磁気抵抗効果素子1の抵抗変化を測定することができる。そして、この抵抗変化の測定結果から、磁気抵抗効果素子1のMR比を算出することができる。このような磁気抵抗デバイス50によって、後述のように作成した実施例1～25及び比較例1のMR比の測定を行った。

[0055] [実施例1]

実施例1の磁気抵抗効果素子を以下のように作成した。非磁性スペーサ層の材料に $\text{Ag}_{0.7}\text{Al}_{0.3}$ を用い、第一の強磁性層及び第二の強磁性層の材料に共に $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$ を用いて上記実施形態の磁気抵抗効果素子1に対応す

る磁気抵抗効果素子を作製した。非磁性スペーサ層の厚さは、5 nmとした。第一の強磁性層の厚さは、3 nmとし、第二の強磁性層の厚さは、3 nmとした。基板にはMgO単結晶を用い、下地層にはAgを用いた。キャップ層にはRuを用いた。基板上の各層の作製は、スパッタ法により行った。この磁気抵抗効果素子の形成後に、磁場中熱処理を行い、第一の強磁性層及び第二の強磁性層に対して一軸磁気異方性を付与した。この磁場中熱処理における熱処理温度を300℃とし、印加磁場の強度を5 kOe (399 kA/m)とした。

[0056] [実施例2～25]

表5に示すように、実施例1に対して、非磁性スペーサ層の材料、第一の強磁性層及び第二の強磁性層の材料を変更した上で、実施例1と同様の作製及び見積もり手順によって、磁気抵抗効果素子の作製及びMR比の見積もりを行った。第一の強磁性層及び第二の強磁性層の材料は同一とした。

[0057] [比較例1]

表5に示すように、非磁性スペーサ層の材料にAgを用い、第一の強磁性層及び第二の強磁性層の材料に共に $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$ を用いた以外は、実施例1と同様の作製及び見積もり手順によって、磁気抵抗効果素子の作製及びMR比の見積もりを行った。

[0058]

[表5]

	非磁性スペーサ層	第一の強磁性層 第二の強磁性層 ($\text{Co}_2\text{L}_\alpha\text{M}_\beta$)	α	β	$\alpha + \beta$	規格化MR値
実施例1	$\text{Ag}_{0.7}\text{Al}_{0.3}$	$\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$	—	—	—	1.8
実施例2	$\text{Ag}_{0.8}\text{Al}_{0.2}$	$\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$	—	—	—	2.5
実施例3	$\text{Ag}_{0.8}\text{Al}_{0.2}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.0}\text{Si}_{0.95}$	1.0	0.95	1.95	7.9
実施例4	$\text{Ag}_{0.98}\text{Y}_{0.02}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.0}\text{Si}_{0.95}$	1.0	0.95	1.95	10.1
実施例5	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{0.4}\text{Si}_{0.95}$	0.4	0.95	1.35	4.6
実施例6	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{0.6}\text{Si}_{0.95}$	0.6	0.95	1.55	5.4
実施例7	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{0.8}\text{Si}_{0.95}$	0.8	0.95	1.75	10.8
実施例8	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.0}\text{Si}_{0.95}$	1.0	0.95	1.95	11.9
実施例9	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.1}\text{Si}_{0.95}$	1.1	0.95	2.05	17.1
実施例10	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.2}\text{Si}_{0.95}$	1.2	0.95	2.15	20.2
実施例11	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{0.95}$	1.3	0.95	2.25	21.5
実施例12	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.4}\text{Si}_{0.95}$	1.4	0.95	2.35	21.9
実施例13	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.5}\text{Si}_{0.95}$	1.5	0.95	2.45	21.3
実施例14	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.6}\text{Si}_{0.95}$	1.6	0.95	2.55	8.5
実施例15	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.7}\text{Si}_{0.95}$	1.7	0.95	2.65	3.8
実施例16	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{0.55}$	1.3	0.55	1.85	3.9
実施例17	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{0.65}$	1.3	0.65	1.95	5.8
実施例18	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{0.75}$	1.3	0.75	2.05	13.1
実施例19	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{0.85}$	1.3	0.85	2.15	17.1
実施例20	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{0.95}$	1.3	0.95	2.25	21.5
実施例21	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{1.05}$	1.3	1.05	2.35	20.9
実施例22	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{1.15}$	1.3	1.15	2.45	20.3
実施例23	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{1.25}$	1.3	1.25	2.55	22.2
実施例24	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{1.35}$	1.3	1.35	2.65	7.8
実施例25	$\text{Ag}_{0.91}\text{Pt}_{0.09}$	$\text{Co}_2\text{Mn}_{1.3}\text{Si}_{1.45}$	1.3	1.45	2.75	5.2
比較例1	Ag	$\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$	—	—	—	1.0

[0059] 図3の(a)部は、実施例5～実施例15における α と規格化MR比との関係を示す図である。実施例5～実施例15では、 β を0.95に固定し、 α を0.4～1.7の間で変化させている。図3の(a)部では、 $0.65 < \beta < 1.35$ であるときの規格化MR比が破線で囲まれている。

[0060] 図3の(b)部は、実施例16～実施例25における β と規格化MR比との関係を示す図である。実施例16～実施例25では、 α を1.3に固定し、 β を0.55～1.45の間で変化させている。図3の(b)部では、 $0.65 < \beta < 1.35$ であるときの規格化MR比が破線で囲まれている。

[0061] 図3の(c)部は、実施例5～実施例15と実施例16～実施例25とに

おける $\alpha + \beta$ と規格化MR比との関係を示す図である。実施例5～実施例15では、 $\alpha + \beta$ を1.35～2.65の間で変化させており、実施例16～実施例25では、 $\alpha + \beta$ を1.85～2.75の間で変化させている。図3の(c)部では、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ であるときの規格化MR比が破線で囲まれている。

[0062] 図3の(a)部～(c)部に示されるように、全ての実施例に係る磁気抵抗効果素子は、比較例に係る磁気抵抗効果素子より大きな規格化MR比を有している。

[0063] また、図3の(a)部及び(b)部に示されるように、 $0.7 < \alpha < 1.6$ かつ $0.65 < \beta < 1.35$ であるとき、実施例に係る磁気抵抗効果素子は、より大きな規格化MR比を有しており、具体的には、実施例に係る磁気抵抗効果素子の規格化MR比は10を超えている。これは、第一の強磁性層及び第二の強磁性層のホイスラー合金は、 $0.7 < \alpha < 1.6$ かつ $0.65 < \beta < 1.35$ であるとき、化学量論的組成に近い格子定数を有し、非磁性スペーサ層に含まれるAg合金 ($\text{Ag}_\gamma\text{X}_{1-\gamma}$ 、 $0.75 < \gamma < 1$) との格子不整合が特に小さくなることを示している。このような場合の磁気抵抗効果素子は、良質な第一の強磁性層、非磁性スペーサ層及び第二の強磁性層を備え、大きな磁気抵抗効果を発揮する。

[0064] また、図3の(c)部に示されるように、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ であるとき、実施例に係る磁気抵抗効果素子は10を超える規格化MR比を有することができる。この大きな規格化MR比は、ホイスラー合金は、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ であるとき、ハーフメタル特性を有し易くなり、このハーフメタル特性を有するホイスラー合金が、大きな磁気抵抗効果を示した結果である。

[0065] 以上、実施形態及び実施例によって本発明を説明してきたが、本発明はこれらの実施形態及び実施例に限定されず、様々な変形態様が可能である。例えば、上記実施形態の磁気抵抗効果素子1は、C P P構造ではなく、積層面方向に沿って検出用電流が流されるC I P (Current In Plane) 構造を有することができる。

産業上の利用可能性

[0066] 本実施形態によれば、磁気抵抗効果が大きい磁気抵抗効果素子が提供される。

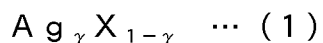
符号の説明

[0067] 1…磁気抵抗効果素子、10…基板、20…下地層、30…磁気抵抗層、31…第一の強磁性層、32…第二の強磁性層、33…非磁性スペーサ層、40…キャップ層。

請求の範囲

[請求項1] 磁化固定層としての第一の強磁性層と、
磁化自由層としての第二の強磁性層と、
前記第一の強磁性層と前記第二の強磁性層との間に設けられた非磁性スペーサ層と、
を備え、

前記非磁性スペーサ層は、一般式（１）で表わされるＡｇ合金を含み、それにより前記非磁性スペーサ層と、前記第一の強磁性層及び／又は前記第二の強磁性層との間の格子不整合は、前記非磁性スペーサ層がＡｇからなるときの格子不整合に比べて小さくなる、磁気抵抗効果素子。

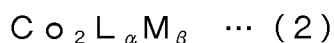


[式中、Xは、Al、Cu、Ga、Ge、As、Y、La、Sm、Yb、及びPtからなる群より選択される一の元素を表し、 γ は、 $0 < \gamma < 1$ である。]

[請求項2] 前記一般式（１）で表される前記Ａｇ合金の結晶構造は、面心立方格子構造を有する、請求項１に記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項3] 前記一般式（１）において、 $0.75 < \gamma < 1$ である、請求項１又は２に記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項4] 前記第一の強磁性層及び前記第二の強磁性層の少なくとも一つは、一般式（２）で表されるホイスラー合金を含む、請求項１～３のいずれか一項に記載の磁気抵抗効果素子。



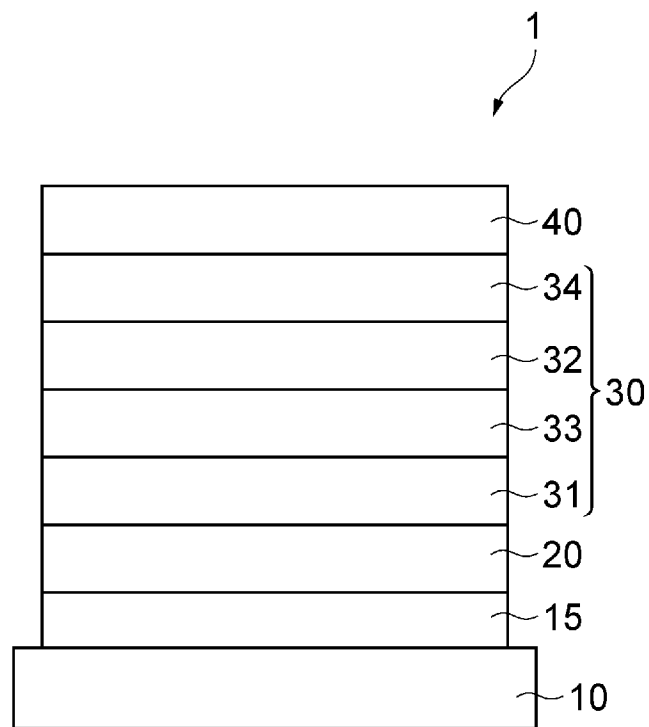
[式中、Lは、Mn及びFeの少なくとも一以上の元素であり、Mは、Si、Al、Ga、及びGeからなる群より選択される一以上の元素を表し、 $0.7 < \alpha < 1.6$ であり、 $0.65 < \beta < 1.35$ である。]

[請求項5] 前記一般式（１）において、前記Xは、Y、La、Sm、Yb、及

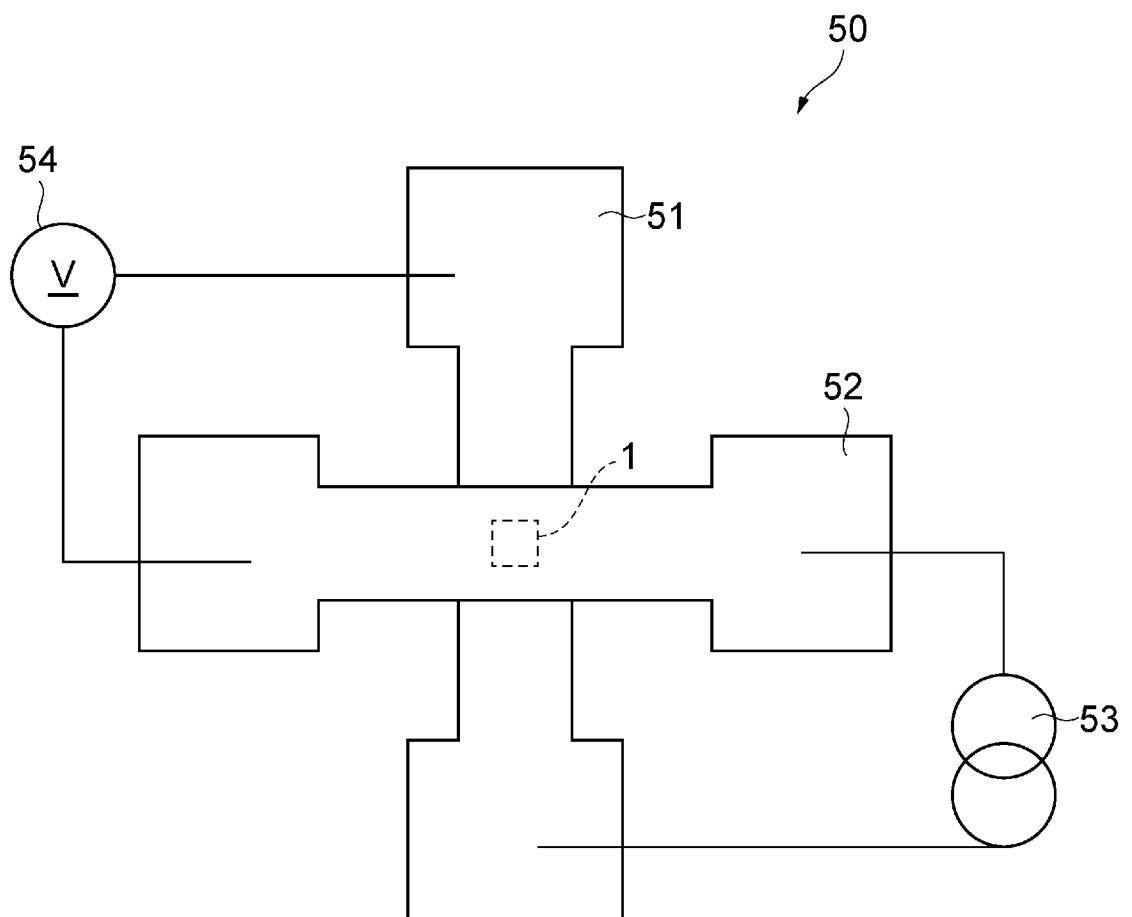
び P_t からなる群より選択される一の元素である、請求項 4 に記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項 6] 前記一般式 (2) において、 $2 < \alpha + \beta < 2.6$ である、請求項 4 又は 5 に記載の磁気抵抗効果素子。

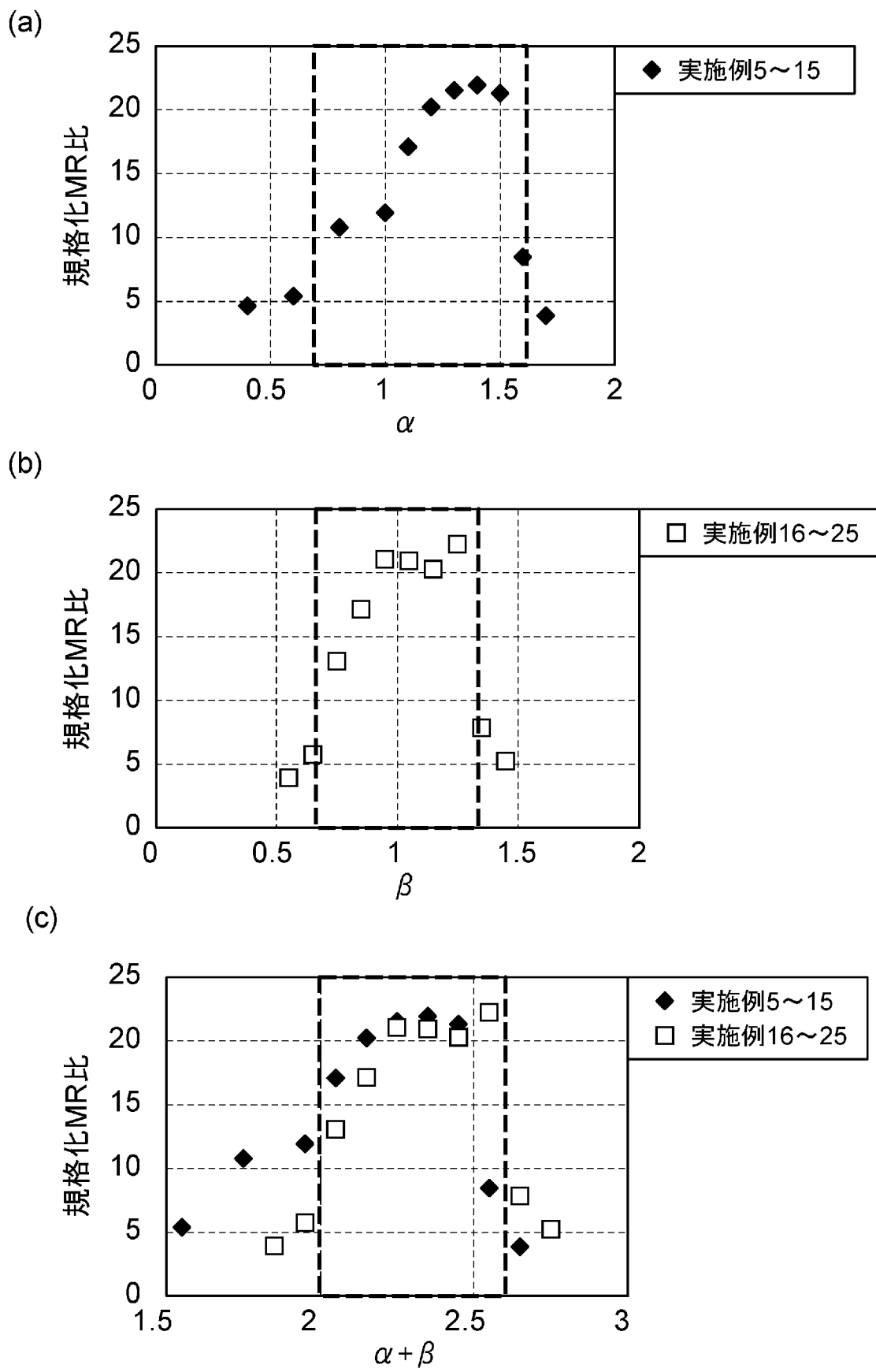
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/001187

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L43/10 (2006.01) i, H01L43/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01L43/10, H01L43/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2016/017612 A1 (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) 04 February 2016, paragraphs [0017], [0019], [0022], [0023], fig. 1 & US	1, 2, 4
Y	2017/0221507 A1, paragraphs [0060], [0061], [0070], [0074], [0075], fig. 1 & EP 3176843 A1	6
A	JP 2007-273657 A (TDK CORPORATION) 18 October 2007, paragraphs [0060]-[0064], [0073], [0077], fig. 1 & US 2007/0230070 A1, paragraphs [0074]-	3, 5
Y	[0078], [0087], [0091], fig. 1	6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 March 2018 (06.03.2018)

Date of mailing of the international search report
20 March 2018 (20.03.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/001187

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-49145 A (HITACHI, LTD.) 17 March 2014, entire text, all drawings & US 8953282 B2, entire text, all drawings & US 2014/0063648 A1	1-16
A	JP 2017-27647 A (NATIONAL INSTITUTE FOR MATERIALS SCIENCE) 02 February 2017, entire text, all drawings & WO 2017/017978 A1, entire text, all drawings	1-16
A	JP 2007-317824 A (TDK CORPORATION) 06 December 2007, entire text, all drawings & US 2007/0274010 A1, entire text, all drawings	1-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L43/10(2006.01)i, H01L43/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L43/10, H01L43/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2016/017612 A1（国立研究開発法人物質・材料研究機構） 2016.02.04, 段落[0017], [0019], [0022], [0023], 図1 & US	1, 2, 4
Y	2017/0221507 A1, 段落[0060], [0061], [0070], [0074], [0075], 図	6
A	1 & EP 3176843 A1	3, 5
Y	JP 2007-273657 A（TDK株式会社）2007.10.18, 段落[0060] - [0064], [0073], [0077], 図1 & US 2007/0230070 A1, 段落[0074] - [0078], [0087], [0091], 図1	6

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.03.2018

国際調査報告の発送日

20.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宮本 博司

5 F

6313

電話番号 03-3581-1101 内線 3516

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-49145 A (株式会社日立製作所) 2014.03.17, 全文, 全図 & US 8953282 B2, 全文, 全図 & US 2014/0063648 A1	1-6
A	JP 2017-27647 A (国立研究開発法人物質・材料研究機構) 2017.02.02, 全文, 全図 & WO 2017/017978 A1, 全文, 全図	1-6
A	JP 2007-317824 A (TDK株式会社) 2007.12.06, 全文, 全図 & US 2007/0274010 A1, 全文, 全図	1-6