

(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
2011 年 3 月 31 日(31.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/036795 A1

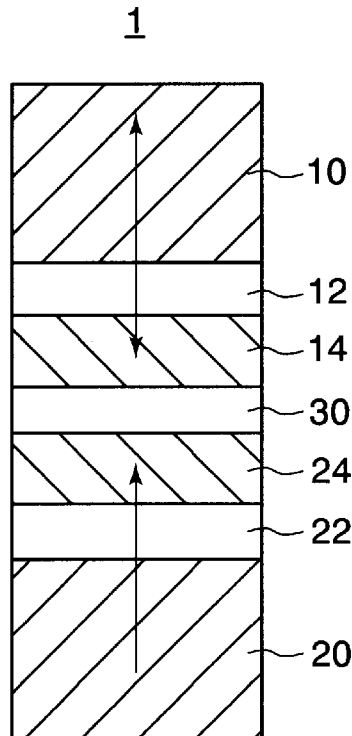
- (51) 国際特許分類:
H01L 43/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/066774
- (22) 国際出願日: 2009 年 9 月 28 日(28.09.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中山 昌彦 (NAKAYAMA, Masahiko) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 西山 勝哉 (NISHIYAMA, Katsuya) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 吉武 賢次, 外 (YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 富士ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT AND MAGNETIC MEMORY

(54) 発明の名称: 磁気抵抗効果素子および磁気メモリ

[図2]



(57) Abstract: Disclosed is a magnetoresistive effect element employing spin torque transfer writing technology, which is thermally stable and has excellent heat resistance. Also disclosed is a magnetic random access memory using the magnetoresistive effect element. Specifically disclosed is a magnetoresistive effect element comprising: a first magnetic layer (10) which has a variable magnetization direction and an easy axis of magnetization in the direction perpendicular to the film surface; a second magnetic layer (20) which has a fixed magnetization direction and an easy axis of magnetization in the direction perpendicular to the film surface; a first non-magnetic layer (30) which is arranged between the first magnetic layer and the second magnetic layer; a first interface magnetic layer (14) which is arranged between the first magnetic layer and the first non-magnetic layer; and a second non-magnetic layer (12) which has an amorphous structure and is arranged between the first magnetic layer and the first interface magnetic layer. The magnetization direction of the first magnetic layer can be changed by a current passing through the first magnetic layer, the first non-magnetic layer and the second magnetic layer.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/036795 A1



NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, 添付公開書類:

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

TD, TG).

— 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

〔課題〕熱的に安定な耐熱性に優れたスピン注入書き込み方式用の磁気抵抗効果素子およびそれを用いた磁気ランダムアクセスメモリを提供することを可能にする。〔解決手段〕膜面に垂直方向に磁化容易軸を有し磁化の方向が可変の第 1 の磁性層 10 と、膜面に垂直方向に磁化容易軸を有し磁化の方向が不変の第 2 の磁性層 20 と、第 1 の磁性層と第 2 の磁性層との間に設けられた第 1 の非磁性層 30 と、第 1 の磁性層と第 1 の非磁性層との間に設けられた第 1 の界面磁性層 14 と、第 1 の磁性層と第 1 の界面磁性層との間か、または第 1 の界面磁性層中のいずれかに設けられたアモルファス構造を有する第 2 の非磁性層 12 と、を備え、第 1 の磁性層、第 1 の非磁性層、および第 2 の磁性層を貫く電流によって、第 1 の磁性層の磁化の方向が可変となる。

明 細 書

発明の名称：磁気抵抗効果素子および磁気メモリ

技術分野

[0001] 本発明は、磁気抵抗効果素子、およびこの磁気抵抗効果素子を記憶セルに用いた磁気メモリに関する。

背景技術

[0002] 近年、高速読み書き、大容量、低消費電力動作も可能な次世代の固体不揮発メモリとして、強磁性体の磁気抵抗効果を利用した磁気ランダムアクセスメモリ（Magnetic Random Access Memory：以下、MRAMと記す）への関心が高まっている。特に、強磁性トンネル接合（Magnetic Tunnel Junction：以下、MTJと記す）を有する磁気抵抗効果素子は、大きな磁気抵抗変化率を示すことが見いだされて以来、注目されている。

[0003] 強磁性トンネル接合は、磁化方向が可変な記憶層と、絶縁体層と、所定の磁化方向を維持する参照層との三層積層構造が基本構成となる。この強磁性トンネル接合に電流を流すと、絶縁体層をトンネルして電流が流れる。このとき、接合部の抵抗は、記憶層と参照層の磁化方向の相対角により変化し、例えば磁化方向が平行のとき極小値を、反平行のとき極大値をとる。この抵抗変化はトンネル磁気抵抗効果（Tunneling Magneto-Resistance effect：以下TMR効果と記す）と呼ばれる。一つの記憶セルとして強磁性トンネル接合を有する磁気抵抗効果素子を用いる場合には、記憶層と参照層との磁化の平行、反平行状態（すなわち抵抗の極小、極大）を二進情報の“0”、“1”に対応づけることにより、情報を記憶する。なお、磁化の平行、反平行状態を二進情報の“1”、“0”にそれぞれ対応づけてもよい。

[0004] 磁気抵抗効果素子への情報書き込みには、記憶セル近傍に書き込み配線を配置し、電流を流した際に発生する電流磁場によって、記憶層の磁化方向のみを反転させる磁場書き込み方式が知られている。しかしながら大容量メモリを実現するために、素子サイズを小さくすると、記憶層を構成する磁性体

の保磁力（ H_c ）が原理的に大きくなるため、書き込みに必要な電流が素子を微細化するほど大きくなる傾向がある。一方、書き込み配線からの電流磁場はセルサイズの縮小に対し原理的に小さくなるため、磁場書き込み方式では、大容量設計で要求されるセルサイズの縮小と書き込み電流の低減を両立することは困難である。

[0005] 一方、近年この課題を克服する書き込み方式としてスピン角運動量移動（SMT：spin-momentum-transfer）を用いた書き込み（スピン注入書き込み）方式が提案されている（例えば、特許文献1参照）。この方式は、磁気抵抗効果素子にスピン偏極電流を流して記憶層の磁化方向を反転させるもので、さらに記憶層を形成する磁性層の体積が小さいほど注入するスピン偏極電子も少なくよいため、素子の微細化と低電流化を両立できる書き込み方式と期待されている。

[0006] しかしながら、大容量化を達成するために素子を微細化すると、記憶層の磁化方向を一方向に維持するためのエネルギー障壁すなわち磁気異方性エネルギーが熱エネルギーより小さくなり、結果として磁性体の磁化方向が揺らぎ（熱擾乱）、記憶情報をもはや維持できなくなるという問題が顕在化する。

[0007] 一般的に、磁化方向が反転するために必要なエネルギー障壁は、磁気異方性定数（単位体積当りの磁気異方性エネルギー）と磁化反転単位体積の積で表わされるため、微細な素子サイズ領域で熱擾乱に対する耐性を確保するためには、磁気異方性定数が大きな材料を選択する必要がある。これまで主に検討されている面内磁化型（磁化容易軸が膜面に平行な磁化）の構成では、形状磁気異方性を利用するのが一般的である。この場合、磁気異方性エネルギーを増加させるには、磁気抵抗効果素子のアスペクト比を大きくする、記憶層の膜厚を厚くする、記憶層の飽和磁化を大きくするなどの対策が必要となる。しかし、これらの方策は、スピン注入方式の特徴を考えたとき、いずれも反転電流の増大を招くため、微細化に適さない。

[0008] 一方、形状磁気異方性ではなく、大きな結晶磁気異方性を有する材料を利

用することも考えられるが、その場合、面内方向の磁化容易軸は、膜面内で大きく分散してしまうため、MR比（Magnetoresistance ratio）が低下し、結果として反転電流が増加してしまうこととなる。そのためこの方策もまた好ましくない。また、面内磁化型の構成では形状により発現する磁気異方性を利用しているため、反転電流は形状に敏感となる。その結果、微細化に伴い反転電流のばらつきが増加することも懸念される。

[0009] これに対し、磁気抵抗効果素子を構成する強磁性材料に、膜面に垂直方向に磁化容易軸を有する、いわゆる垂直磁化磁性膜を用いることが考えられる。垂直磁化型の構成で結晶磁気異方性を利用する場合は、形状異方性を利用しないため、素子形状を面内磁化型に比し小さくできる。また、磁化容易方向の分散も小さくできるため、大きな結晶磁気異方性を有する材料を採用することにより、熱擾乱耐性を維持しつつ、微細化と低電流の両立が実現できると期待される。

[0010] 垂直磁化膜に用いる材料系としては、 L_1 。もしくは L_1 規則合金系（FePt、CoPtなど）や、人工格子（Co/Pt、Pd）系、hcp系（CoPtなど）、RE-TM系（Tb-CoFeなど）が挙げられる。

[0011] 一方、一般的に非特許文献1に記載されているように、スピン注入方式によって磁化を反転させるための反転電流は、記憶層の飽和磁化 M_s 及び磁気緩和定数 α に依存する。このため、低電流のスピン注入によって記憶層の磁化を反転させるには、飽和磁化 M_s 及び磁気緩和定数 α を小さくすることが重要である。また、デバイスとしては加工プロセス温度に耐える必要もある。しかしながら、一般にMTJは、複数の金属膜の積層構造によって形成されるため、熱処理を伴う素子製作プロセスを経る際に異種金属界面の構造変化が起こり、磁気特性の劣化が起こりやすく、上記垂直磁化膜に記憶層として具備すべき上記特性をすべて満たすものは存在しない。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：米国特許第6, 256, 223号明細書

非特許文献

- [0013] 非特許文献1: G. Slonczewski, "Current-driven ecitation of magnetic mu
ltilayers", 「JORNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS」, 1996, VOLU
ME 159, p. L1-L7

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0014] 本発明は、上記事情を考慮してなされたものであって、熱的に安定である
スピン注入書き込み方式の磁気抵抗効果素子およびそれを用いた磁気メモリ
を提供する。

課題を解決するための手段

- [0015] 本発明の第1の態様による磁気抵抗効果素子は、膜面に垂直方向に磁化容
易軸を有し磁化の方向が可変の第1の磁性層と、膜面に垂直方向に磁化容易
軸を有し磁化の方向が不変の第2の磁性層と、前記第1の磁性層と前記第2
の磁性層との間に設けられた第1の非磁性層と、前記第1の磁性層と前記第
1の非磁性層との間に設けられた第1の界面磁性層と、前記第1の磁性層と
前記第1の界面磁性層との間か、または前記第1の界面磁性層中のいずれか
に設けられたアモルファス構造を有する第2の非磁性層と、を備え、前記第
1の磁性層、前記第1の非磁性層、および前記第2の磁性層を貫く電流によ
って、前記第1の磁性層の磁化の方向が可変となることを特徴とする。
- [0016] また、本発明の第2の態様による磁気メモリは、第1の態様による磁気抵
抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子に通電を行う第1および第2の電極と
、前記第1の電極に電氣的に接続された第1の配線と、前記第2の電極に電
氣的に接続された第2の配線と、前記第1の配線及び前記第2の配線に電氣
的に接続され、かつ前記磁気抵抗効果素子に双方向に電流を供給する書き込
み回路と、を備えていることを特徴とする。

発明の効果

- [0017] 本発明によれば、熱的に安定な耐熱性に優れたスピン注入書き込み方式用

の磁気抵抗効果素子およびそれを用いた磁気ランダムアクセスメモリを提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]一般的な磁気抵抗効果素子の構造を示す図。
- [図2]第1実施形態による磁気抵抗効果素子を示す断面図。
- [図3]第1実施形態の第1変形例による磁気抵抗効果素子を示す断面図。
- [図4]第1実施形態の第2変形例による磁気抵抗効果素子を示す断面図。
- [図5]第1実施形態の第3変形例による磁気抵抗効果素子を示す断面図。
- [図6]第1実施形態の第4変形例による磁気抵抗効果素子を示す断面図。
- [図7]第1実施形態の第5変形例による磁気抵抗効果素子を示す断面図。
- [図8]第1実施形態による磁気抵抗効果素子の残留磁化に関する印加磁場角度依存性を示す図。
- [図9]第1実施形態による磁気抵抗効果素子の異方性軸分散角度に関する結晶性分断層の膜厚依存性を示す図。
- [図10]第1実施形態による磁気抵抗効果素子の異方性磁場分散を示す図。
- [図11]第1実施形態による磁気抵抗効果素子の異方性磁場に関する結晶性分断層の膜厚依存性を示す図。
- [図12]第1実施形態による磁気抵抗効果素子の磁気抵抗効果に関する結晶性分断層の膜厚依存性を示す図。
- [図13]第2実施形態の磁気メモリを示す回路図。
- [図14]第2実施形態による磁気メモリのメモリセルの断面図。

発明を実施するための形態

- [0019] 以下、図面を参照して、本発明の実施形態を説明する。
- [0020] まず、実施形態を説明する前に一般的な磁気抵抗効果素子の構造および問題点について説明する。
- [0021] (1) 一般的な磁気抵抗効果素子の構造

図1に垂直磁化磁性膜を用いた磁気抵抗効果素子の一般的な構造を示す。ここで、垂直磁化磁性膜とは、方向が膜面に略垂直な磁化を有する磁性膜を

意味し、膜面とは上面を意味する。すなわち垂直磁化磁性膜とは、磁化容易軸が膜面に略垂直となる。この磁気抵抗効果素子は、記憶層 10 と、参照層 20 と、記憶層と参照層の間に設けられた非磁性層 30 とを備えている。

[0022] 記憶層 10 は、磁気抵抗効果素子に膜面に対して垂直方向に電流を流すことによって発生するスピン偏極された電子の角運動量が記憶層 10 の電子に伝達されることによって磁化（或いはスピン）の方向が反転する。すなわち、電流の流す向きによって記憶層 10 は磁化の方向が可変となる。これに対して、参照層 20 は磁化の方向が不変である。ここで、磁化の向きが不変とは、記憶層 10 の磁化の方向を反転させるための磁化反転電流を磁気抵抗効果素子に流した場合に、参照層 20 の磁化の方向が反転しないことを意味する。実用時には、記憶層 10 の磁化の方向を変化させることにより抵抗が TMR 効果により変化することを利用し、情報の書込みが行われる。

[0023] また、一般に垂直磁化磁性膜を用いた磁気抵抗効果素子において、100%を超える TMR 効果を発現させるためには、垂直磁化磁性膜と非磁性層との間に、高い偏極率を持つ界面磁性層を設けることが好ましい。すなわち、図 1 に示すように、記憶層 10 と非磁性層 30 との間に界面磁性層 14 が設けられ、参照層 20 と非磁性層 30 との間に界面磁性層 24 が設けられる。なお、図 1 においては、記憶層 10 と非磁性層 30 との間、および参照層 20 と非磁性層 30 との間に界面磁性層を設けたが、記憶層 10 と非磁性層 30 との間、および参照層 20 と非磁性層 30 との間の少なくとも一方に界面磁性層を設けてもよい。界面磁性層を構成する材料としては、非磁性層の結晶構造と界面磁性層の結晶構造が同じで、且つ格子定数が極近くなるように、界面磁性層を構成する物質を選ぶことが必要である。このような特性を示す物質として、例えば、界面磁性層として Fe、Co、CoFe、CoFeB などの面内磁化磁性膜が用いられる。界面磁性層として面内磁化磁性膜を用いた場合でも、垂直磁化磁性層と界面磁性層の間には交換結合が働き、垂直磁気異方性が大きいため、界面磁性層の磁化も膜面垂直方向を向く。

[0024] (2) 磁気抵抗効果素子の問題点

図 1 に示す構成の磁気抵抗効果素子の問題点は、実際の素子製作プロセス工程や熱処理工程により、界面磁性層および垂直磁化磁性層の結晶性が変化してしまうことである。通常、界面磁性層と垂直磁化磁性層の結晶構造、結晶方位、および格子定数も含めて完全に整合することは困難である。例えば、異なる構造をもつ少なくとも 2 種類の金属膜を用いた金属接合に熱を加えると、相互に原子配列に影響を及ぼし、本来持っていた結晶性からの変化が顕れる。この変化により、磁気抵抗効果素子に用いられる界面磁性層は非磁性層の結晶構造との不整合が大きくなり、TMR 効果が抑制される懸念がある。また、垂直磁化層は結晶性が変化することにより垂直磁化の異方軸のばらつきが生じるか、または垂直磁気異方性エネルギーの劣化が起こり、所望の記憶保持特性が得られない懸念がある。

[0025] そこで、本願発明者達は、鋭意研究に努めた結果、界面磁性層と垂直磁化磁性層の結晶構造、結晶方位、および格子定数が異なっても、上述の問題を解決することができる磁気抵抗効果素子を得ることができた。これを以下に実施形態として説明する。

[0026] (第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態による磁気抵抗効果素子を図 2 に示す。この実施形態の磁気抵抗効果素子 1 は、垂直磁化磁性層と界面磁性層の間に、アモルファス構造を持つ結晶性分断層 12、22 を設けた構成を有している。すなわち、この実施形態の磁気抵抗効果素子 1 は、磁化容易軸が膜面に略垂直でかつ磁化の向きが可変の記憶層 10 と、非磁性の結晶性分断層 12 と、界面磁性層 14 と、非磁性層 30 と、界面磁性層 24 と、非磁性の結晶性分断層 22 と、磁化容易軸が膜面に略垂直でかつ磁化の向きが不変の参照層 20 とを備えている。図 2 においては、上から順に記憶層 10、結晶性分断層 12、界面磁性層 14、非磁性層 30、界面磁性層 24、結晶性分断層 22、参照層 20 が積層されているが、逆の順序で積層された積層構造を有していてもよい。すなわち、この場合は、下から、記憶層 10、結晶性分断層 12、界面磁性層 14、非磁性層 30、界面磁性層 24、結晶性分断層 22、参照層

20の順序で積層された構造であってもよい。

[0027] この実施形態においては、記憶層10と界面磁性層14との間に結晶性分断層12が設けられ、参照層20と界面磁性層24との間に結晶性分断層22が設けられた構造を有している。この構造においては、熱処理工程を経ても、結晶性分断層12、22がアモルファス構造を保つことができれば、記憶層10と界面磁性層14との間、および参照層20と界面磁性層24との間の結晶性の劣化を抑制することができる。すなわち、結晶性分断層は、界面磁性層と、垂直磁化磁性層との間に設けられ、磁気抵抗効果や磁気異方性エネルギーの劣化を防止するために、界面磁性層と、垂直磁化磁性層とが相互に原子配列に影響を及ぼし、結晶性が変化するのを抑制するものである。したがって、結晶性分断層は、界面磁性層と、垂直磁化磁性層との間の結晶性を分断している。この効果により、界面磁性層においてはTMR効果を上昇させるために必要な結晶性を保持することが可能となり、記憶層10および参照層20においては十分な垂直磁気異方性をもつために必要な結晶性を保持することが可能となる。すなわち、熱的に安定な耐熱性に優れたスピン注入書き込み方式の磁気抵抗効果素子を得ることができる。また、結晶性分断層の膜厚が厚くなりすぎると、界面磁性層と垂直磁化磁性層の交換結合が弱まり、界面磁性層の磁化の向きを膜面垂直方向に保持することが困難となるため、10 Å以下程度の薄膜であることが望ましい。

[0028] さらに結晶性分断層の効果は、図3に示す第1変形例のように記憶層10と界面磁性層14との間にのみ結晶性分断層12を設けた構成、または図4に示す第2変形例のように参照層20と界面磁性層24との間にのみ結晶性分断層22を設けた構成であっても得ることができる。

[0029] また、図5乃至図7に示すように、界面磁性層中に結晶性分断層層設けてもよい。図5に示す第3変形例による磁気抵抗効果素子1は、図1に示す第1実施形態の磁気抵抗効果素子1において、結晶性分断層12、22を界面磁性層14、24中にそれぞれ設けた構成となっている。すなわち、界面磁性層14は結晶性分断層12によって第1界面磁性層14aおよび第2界面

磁性層 1 4 b に分割され、界面磁性層 2 4 は結晶性分断層 2 2 によって第 1 界面磁性層 2 4 a および第 2 界面磁性層 2 4 b に分割される。

[0030] 図 6 に示す第 4 変形例の磁気抵抗効果素子 1 は、図 3 に示す第 1 変形例による磁気抵抗効果素子 1 において、結晶性分断層 1 2 を界面磁性層 1 4 中に設けた構成となっている。すなわち、界面磁性層 1 4 は結晶性分断層 1 2 によって第 1 界面磁性層 1 4 a および第 2 界面磁性層 1 4 b に分割される。

[0031] また、図 7 に示す第 5 変形例の磁気抵抗効果素子 1 は、図 4 に示す第 2 変形例による磁気抵抗効果素子 1 において、結晶性分断層 2 2 を界面磁性層 2 4 中に設けた構成となっている。すなわち、界面磁性層 2 4 は結晶性分断層 2 2 によって第 1 界面磁性層 2 4 a および第 2 界面磁性層 2 4 b に分割される。

[0032] なお、本実施形態およびその変形例においては、記憶層 1 0 と非磁性層 3 0 との間、および参照層 2 0 と非磁性層 3 0 との間に界面磁性層を設けたが、記憶層 1 0 と非磁性層 3 0 との間、および参照層 2 0 と非磁性層 3 0 との間の少なくとも一方に界面磁性層を設けた構成としてもよい。この場合、結晶性分断層は、界面磁性層と、この界面磁性層に対して非磁性層 3 0 と反対側の垂直磁化磁性層との間か、もしくは界面磁性層中に設けられる。

[0033] 次に、記憶層 1 0 に Co/Pd 人工格子の垂直磁化磁性層を用い、界面磁性層 1 4 に Co/FeB を用い、結晶性分断層 1 2 として 3 Å、5 Å、7 Å の膜厚をもつアモルファスの Ta 層を配置した磁性積層膜を用意する。この磁性積層膜に対して、350°C で 30 分の熱処理を施した後の異方性軸分散の測定結果を図 8 (a) 乃至図 8 (d) に示す。図 8 (a) は、結晶性分断層 1 2 の膜厚が 0 Å、すなわち結晶性分断層を挿入しない場合の測定結果を示し、図 8 (b) 乃至図 8 (d) は、結晶性分断層 1 2 の膜厚が 3 Å、5 Å、7 Å である場合の測定結果を示す。異方性軸分散の評価は、二軸のベクトル磁場発生ができる試料振動型磁力計で、印加する磁場角度を変化させて残留磁化を測定することにより行った。図 8 (a) 乃至図 8 (d) において、異方性軸分散角度は、残留磁化の角度依存性が飽和する角度として定義される

。

[0034] 次に、異方性軸分散角度に関する結晶性分断層の膜厚依存性を図9に示す。図9からわかるように、明確に結晶性分断層を挿入することで、記憶層10の磁気異方性軸分散が抑制され、 T_a が3 Å程度挿入されるだけでも分散角度が10%以下に抑えられる。さらに、7 Å挿入すれば分散角度が2%以下に抑えられる。これらの結果は、結晶性分断層により、熱処理後も垂直磁化磁性層の結晶性劣化が抑制され、異方性軸のばらつきが抑制でき、素子加工した際に特性ばらつきが小さい磁気抵抗効果素子に適した積層構造を提供できることを示している。

[0035] さらに、異方性磁場分散の評価を行った結果を図10(a)乃至図10(c)に示す。一般に垂直磁化磁性膜は、膜内部の結晶粒分布等を反映して異方性磁場が膜内でも有限の分散をもつ。図10(a)乃至図10(c)において、横軸は外部磁場を示し、縦軸は正規化された異方性磁場の分散 ΔM を示す。すなわち、図10(a)乃至図10(c)はそれぞれの磁性膜において異方性磁場をもつ領域の割合を示している。図10(a)乃至図10(c)から、結晶性分断層の膜厚を増やすに従い、異方性磁場の分散のピーク幅が小さくなることが明確に確認できる。この結果は磁性層がもつ異方性磁場のばらつきが抑制されていることを示している。

[0036] 次に、図11に、異方性磁場をピーク値、すなわちそれぞれの磁性膜における異方性磁場の代表値に関する結晶性分断層の膜厚依存性を示す。図11からわかるように、結晶性分断層の膜厚を増やすに従って、異方性磁場が上昇することがわかる。この結果は結晶性分断層を挿入することにより、垂直磁気異方性の劣化が抑えられることを示しており、本実施形態および変形例による磁気抵抗効果素子の効果を示すものである。

[0037] 次に、界面磁性層に対する結晶性分断層の効果を調べるために、記憶層と参照層の垂直磁化磁性層に Co/Pd 人工格子を有する垂直磁化膜を用い、界面磁性層として Co/FeB を用い、結晶性分断層としてアモルファス T_a を用い、非磁性層として MgO を用いた図2に示す本実施形態の磁気抵抗効

果素子を作成した。そして、 350°C で30分の熱処理後にTMR効果の測定を行った。図12に、TMR効果に関する結晶性分断層の膜厚依存性を示す。結晶性分断層がない場合の熱処理後のTMR効果を1として規格化すると、結晶性分断層を配置することにより10倍程度にTMR効果が上昇することが明らかになった。この結果は結晶性分断層の効果により、界面磁性層の結晶性が、 MgO との格子整合するように保たれ、実効的に高い偏極率が得られたことを明確に示している。

[0038] 次に、結晶性分断層の材料について説明する。第1実施形態による磁気抵抗効果素子の結晶性分断層としては、アモルファス構造が望ましい。結晶性分断層の材料としては、ニオブ（Nb）、シリコン（Si）、タンタル（Ta）、およびジルコニウム（Zr）が挙げられる。またニオブ（Nb）、シリコン（Si）、タンタル（Ta）およびジルコニウム（Zr）の群から選択された少なくとも1つの元素を含む合金も好ましい材料である。これらのアモルファス層は、形成時には明瞭な結晶構造を示さないが、成膜後の熱工程によって部分的に結晶化が開始して、ある領域が明瞭な結晶構造を示しても構わない。つまり、最終的にデバイスとして機能している際には、部分的に結晶構造を示していても構わない。結晶性分断層の膜厚は厚すぎると界面磁性層と垂直磁化磁性層（記憶層または参照層）との交換結合が弱まってしまうため、 $3\text{ \AA}$ から $10\text{ \AA}$ の範囲にあることが望ましい。

[0039] 次に、非磁性層の材料について説明する。第1実施形態による磁気抵抗効果素子の非磁性層の材料としては、NaCl構造を有する酸化物が好ましい。具体的には MgO 、 CaO 、 SrO 、 TiO 、 VO 、 NbO などが挙げられる。これらのNaCl構造酸化物は、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素を主成分として含む合金、例えばアモルファス CoFeNiB 合金、あるいは体心立方（BCC：body-centered cubic）構造で（100）優先配向面を有する FeCoNi 上で結晶成長させると、（100）面を優先配向面として成長しやすい。特に、B、C、Nなどを添加した CoFe-X アモルファス合金上では、非常に容易に（100）面を優先配

向させることが可能である。ここで、Xは、B、C、Nなどの添加元素を示す。また、上記NaCl構造酸化物は、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素を主成分として含むDO₂₂構造を有する合金の(002)面上、あるいはFCT構造を有するL₁₀型規則合金の(001)配向面上で結晶成長させると、(100)面を優先配向面として成長しやすい。

[0040] また、記憶層の磁化と参照層の磁化方向とが反平行の場合、スピン分極したΔ1バンドがトンネル伝導の担い手となるため、マジョリティースピン電子のみが伝導に寄与することとなる。この結果、磁気抵抗効果素子の伝導率が低下し、抵抗値が大きくなる。反対に、記憶層の磁化と参照層の磁化方向とが平行であると、スピン偏極していないΔ5バンドが伝導を支配するために、磁気抵抗効果素子1の伝導率が上昇し、抵抗値が小さくなる。したがって、Δ1バンドの形成が高TMRを発現させるためのポイントとなる。Δ1バンドを形成するためには、NaCl構造の酸化物からなる非磁性層の(100)面と、記憶層および参照層との界面の整合性がよくなければならない。界面磁性層としては非磁性層の(100)面との格子不整合が5%以下となるような材料を選択することが、より好ましい。

[0041] 次に、垂直磁化磁性層の材料について説明する。第1実施形態による磁気抵抗効果素子の垂直磁化磁性層、すなわち記憶層および参照層としては、磁化方向を膜面垂直方向に保ち、十分な保持特性をもつ材料を選択することが好ましく、以下の材料が用いられる。

[0042] (a) 磁性合金系

まず、磁性合金系の材料について説明する。磁性合金系の材料としては、規則合金系と不規則合金系の2種類が存在する。構成する元素を選択することにより、いずれも第1実施形態の垂直磁化磁性層として用いることができる。

[0043] 規則合金としては、Fe、Co、Niのうち1つ以上の元素と、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ルテニウム(Ru)、イリジウム(Ir)、金(Au)のうち1つ以上の元素とを含む合金であり、この合金の結晶構造が

L₁₀型もしくはL₁₂型の規則合金が挙げられる。例えば、Fe₅₀Pt₅₀、Fe₅₀Pd₅₀、Co₅₀Pt₅₀、Fe₃₀Ni₂₀Pt₅₀、Co₃₀Fe₂₀Pt₅₀、Co₃₀Ni₂₀Pt₅₀等があげられる。これらの規則合金は上記組成比に限定されない。これらの規則合金に、Cu（銅）、Cr（クロム）、Ag（銀）等の元素、あるいはその合金、絶縁物を加えて実効的な磁気異方性エネルギーおよび飽和磁化を調整することができる。

[0044] 不規則合金としては、Fe、Co、Niのうち1つ以上の元素と、Pt、Pd、Cr、Ta、Nb、バナジウム（V）、タングステン（W）、ハフニウム（Hf）、チタン（Ti）、Zrのうち1つ以上の元素とを含む合金が挙げられる。例えば、CoPt合金、CoPd合金、CoCr合金、FeCr合金、CoCrPa合金、CoCrPt合金、CoCrPtTa合金、CoCrNb合金等が挙げられる。これらの合金は、非磁性元素の割合を増加させて実効的な磁気異方性エネルギーおよび飽和磁化を調整することができる。

[0045] （b）人工格子系

人工格子系の材料について説明する。人工格子は、Fe、Co、Niのうちいずれか1つの元素あるいは1つ以上の元素を含む合金と、Cr、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Re、Au、Cuのうちいずれか1つの元素あるいは1つ以上の元素を含む合金とが交互に積層された構造である。例えば、Co/Pt人工格子、Co/Pd人工格子、CoCr/Pt人工格子、Co/Ru人工格子、Co/Os、Co/Au、Ni/Cu人工格子等があげられる。通常は正方晶構造もしくは六方晶構造を持つ。これらの人工格子においては通常、正方これらの人工格子は、磁性層への元素の添加、磁性層と非磁性層の膜厚比および積層周期を調整することで、実効的な磁気異方性エネルギーおよび飽和磁化を調整することができる。

[0046] 次に、界面磁性層材料について説明する。

[0047] 第1実施形態による磁気抵抗効果素子の記憶層および参照層には、TMR効果を上昇させる観点から界面磁性層が必要である。界面磁性層としては高

分極率材料、具体的には、Fe、Co、Niのいずれかの元素とB、Taのいずれかの元素とを含む合金、またはCo、Fe、およびBを含む合金（ $\text{Co}_{100-x-y}\text{Fe}_x\text{B}_y$ （ $x \geq 20 \text{ at } \%$ 、 $0 < y \leq 30 \text{ at } \%$ ）であることが好ましい。またはCoFe合金、もしくはFeも界面磁性層として好ましい。これらの磁性材料は立方晶構造もしくは正方晶の構造を持ち、非磁性層の結晶方位と整合していること、例えば、非磁性層の（100）面に配向しているが望ましい。これらの磁性材料を界面磁性層として用いることにより、界面磁性層と非磁性層との間の格子不整合が緩和され、さらに高分極率材料であるため、高TMRと、高いスピン注入効率とを実現する効果が期待される。これらの磁性層は、形成時には明瞭な結晶構造を示さないこともありうるが、成膜後の熱処理によって結晶化が開始して、最終的にデバイスとして機能している際に立方晶構造を示していればよい。

[0048] 以上の述べたように、第1実施形態によれば、300℃以上の高温熱処理過程を経ても磁気特性及び出力特性が劣化しない、耐熱性に優れた磁気抵抗効果素子を得ることができる。すなわち、熱的に安定な耐熱性に優れたスピン注入書き込み方式の磁気抵抗効果素子を得ることができる。

[0049] （第2実施形態）

次に、本発明の第2実施形態による磁気メモリ（MRAM）について図13乃至図14を参照して説明する。

[0050] 本実施形態のMRAMの回路図を図13に示す。本実施形態のMRAMは、第1実施形態、第1実施形態の変形例で説明した、磁気抵抗効果素子1を、メモリセルの記憶素子として用いている。このMRAMは、マトリクス状に配列された複数のメモリセルMCを有するメモリセルアレイ40を備えている。メモリセルアレイ40には、それぞれが列（カラム）方向に延在するように、複数のビット線対BL、/BLが配設されている。また、メモリセルアレイ40には、それぞれが行（ロウ）方向に延在するように、複数のワード線WLが配設されている。

[0051] ビット線BLとワード線WLとの交差部分には、メモリセルMCが配置さ

れている。各メモリセルMCは、磁気抵抗効果素子1、およびnチャネルMOSトランジスタからなる選択トランジスタ41を備えている。磁気抵抗効果素子1の一端は、ビット線BLに接続されている。磁気抵抗効果素子1の他端は、選択トランジスタ41のドレイン端子に接続されている。選択トランジスタ41のゲート端子は、ワード線WLに接続されている。選択トランジスタ41のソース端子は、ビット線／BLに接続されている。

[0052] ワード線WLには、ロウデコーダ42が接続されている。ビット線対BL、／BLには、書き込み回路44及び読み出し回路45が接続されている。書き込み回路44及び読み出し回路45には、カラムデコーダ43が接続されている。各メモリセルMCは、ロウデコーダ42及びカラムデコーダ43により選択される。

[0053] メモリセルMCへのデータの書き込みは、以下のように行われる。先ず、データ書き込みを行うメモリセルMCを選択するために、このメモリセルMCに接続されたワード線WLが活性化される。これにより、選択トランジスタ41がオン状態となる。ここで、磁気抵抗効果素子1には、書き込みデータに応じて、双方向の書き込み電流 I_w が供給される。具体的には、磁気抵抗効果素子1に、図13において左から右へ書き込み電流 I_w を供給する場合、書き込み回路44は、ビット線BLに正の電圧を印加し、ビット線／BLに接地電圧を印加する。また、磁気抵抗効果素子1に、図13において右から左へ書き込み電流 I_w を供給する場合、書き込み回路44は、ビット線／BLに正の電圧を印加し、ビット線BLに接地電圧を印加する。このようにして、メモリセルMCにデータ“0”、或いはデータ“1”を書き込むことができる。

[0054] 次に、メモリセルMCからのデータ読み出しは、以下のように行われる。まず、データ読み出しを行うメモリセルMCを選択するために、このメモリセルMCに接続されたワード線WLが活性化される。これにより、選択されたメモリセルMCの選択トランジスタ41がオン状態となる。読み出し回路45は、磁気抵抗効果素子1に、例えば図13において右から左へ流れる読

み出し電流 I_r を供給する。そして、読み出し回路 45 は、この読み出し電流 I_r に基づいて、磁気抵抗効果素子 1 の抵抗値を検出する。このようにして、磁気抵抗効果素子 1 に記憶されたデータを読み出すことができる。

[0055] 次に、MRAM の構造について説明する。図 14 は、1 個のメモリセル MC を中心に示した MRAM の構成を示す断面図である。

[0056] p 型半導体基板 50 の表面領域には、素子分離絶縁層 51 が設けられ、この素子分離絶縁層 51 が設けられていない半導体基板 50 の表面領域が素子を形成する素子領域 (active area) となる。素子分離絶縁層 51 は、例えば STI (Shallow Trench Isolation) により構成される。STI としては、例えば酸化シリコンが用いられる。

[0057] 半導体基板 50 の素子領域に選択トランジスタ 41 が形成される。この選択トランジスタ 41 は、互いに離間したソース領域 52a およびド레인領域 52b が設けられている。このソース領域 52a およびド레인領域 52b はそれぞれ、半導体基板 50 内に高濃度の n^+ 型不純物を導入して形成された n^+ 型拡散領域から構成される。ソース領域 52a およびド레인領域 52b 間のチャネル 53 となる半導体基板 50 の領域上には、ゲート絶縁膜 61 が形成され、このゲート絶縁膜 61 上にゲート電極 62 が設けられている。ゲート電極 62 は、ワード線 WL として機能する。

[0058] ソース領域 52a 上には、コンタクト 72 を介して配線層 73 が設けられている。配線層 73 は、ビット線 / BL として機能する。ド레인領域 52b 上には、コンタクト 74 を介して引き出し線 75 が設けられている。引き出し線 75 上には、下部電極 81 と、上部電極 82 に挟まれた磁気抵抗効果素子 1 が設けられている。上部電極 82 上には、配線層 86 が設けられている。配線層 86 は、ビット線 BL として機能する。また、半導体基板 50 と配線層 86 との間は、例えば酸化シリコンからなる層間絶縁層 77 で満たされている。

[0059] 本実施形態によれば、第 1 実施形態およびその変形例のいずれかによる磁気抵抗効果素子 1 を用いて MRAM を構成することができる。

[0060] 本実施形態のMRAMは、第1実施形態またはその変形例の磁気抵抗効果素子を記憶素子として備えているので、熱的に安定な耐熱性に優れたスピン注入書き込み方式のMRAMとなる。したがって、従来よりも高耐熱の磁気メモリを得ることができる。

符号の説明

- [0061] 1 磁気抵抗効果素子
- 1 0 記憶層
 - 1 2 結晶性分断層
 - 1 4 界面磁性層
 - 1 4 a 第1界面磁性層
 - 1 4 b 第2界面磁性層
 - 2 0 参照層
 - 2 2 結晶性分断層
 - 2 4 界面磁性層
 - 3 0 非磁性層

請求の範囲

- [請求項1] 膜面に垂直方向に磁化容易軸を有する第1の磁性層と、
膜面に垂直方向に磁化容易軸を有する第2の磁性層と、
前記第1の磁性層と前記第2の磁性層との間に設けられた第1の非磁性層と、
前記第1の磁性層と前記第1の非磁性層との間に設けられた第1の界面磁性層と、
前記第1の磁性層と前記第1の界面磁性層との間か、または前記第1の界面磁性層中のいずれかに設けられたアモルファス構造を有する第2の非磁性層と、
を備え、前記第1の磁性層、前記第1の非磁性層、および前記第2の磁性層を貫く電流によって、前記第1の磁性層の磁化の方向が可変となることを特徴とする磁気抵抗効果素子。
- [請求項2] 前記第2の磁性層と前記第1の非磁性層との間に設けられた第2の界面磁性層と、
前記第2の磁性層と前記第2の界面磁性層との間か、または前記第2の界面磁性層中のいずれかに設けられたアモルファス構造を有する第3の非磁性層と、
を備えていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項3] 前記第2の非磁性層は、Nb、Si、Ta、およびZrの群から選択された少なくとも1つの元素を含むことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項4] 前記第3の非磁性層は、Nb、Si、Ta、およびZrの群から選択された少なくとも1つの元素を含むことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項5] 前記第1および第2の磁性層の少なくともいずれかは、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素と、Pt、Pd、Ru、Ir、Auの群から選択された少なくとも1つの元素とを含む規

則合金であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項6] 前記第 1 および第 2 の磁性層の少なくともいずれかは、Cu、Cr、Ag の群から選択された少なくとも 1 つの元素を更に含むことを特徴とする請求項 5 記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項7] 前記第 1 および第 2 の磁性層の少なくともいずれかは、Fe、Co、Ni の群から選択された少なくとも 1 つの元素と、Cr、Ta、Nb、V、W、Hf、Ti、Zr の群から選択された少なくとも 1 つの元素を含む不規則合金であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項8] 前記第 1 および第 2 の磁性層の少なくともいずれかは、Fe、Co、Ni の群から選択された少なくとも 1 つの元素を含む第 1 合金と、Cr、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Re、Au、Cu の群から選択された少なくとも 1 つの元素を含む第 2 合金とが交互に積層された多層構造を有していることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項9] 前記第 1 の界面磁性層は、Fe、Co、Ni の群から選択された少なくとも 1 つの元素と、B、Ta の群から選択された少なくとも 1 つの元素とを含む合金であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項10] 前記第 1 の界面磁性層は、 $(\text{Co}_{100-x} - \text{Fe}_x)_{100-y} \text{B}_y$ ($x \geq 20 \text{ at } \%, 0 < y \leq 30 \text{ at } \%$) であることを特徴とする請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子。

[請求項11] 請求項 1 記載の磁気抵抗効果素子と、
前記磁気抵抗効果素子に通電を行う第 1 および第 2 の電極と、
前記第 1 の電極に電氣的に接続された第 1 の配線と、
前記第 2 の電極に電氣的に接続された第 2 の配線と、
前記第 1 の配線及び前記第 2 の配線に電氣的に接続され、かつ前記磁気抵抗効果素子に双方向に電流を供給する書き込み回路と、

を備えていることを特徴とする磁気メモリ。

- [請求項12] 前記第2の電極と前記第2の配線との間に接続される選択トランジスタと、
- 前記選択トランジスタのオン／オフを制御する第3の配線と、
- をさらに備えていることを特徴とする請求項11記載の磁気メモリ
- 。

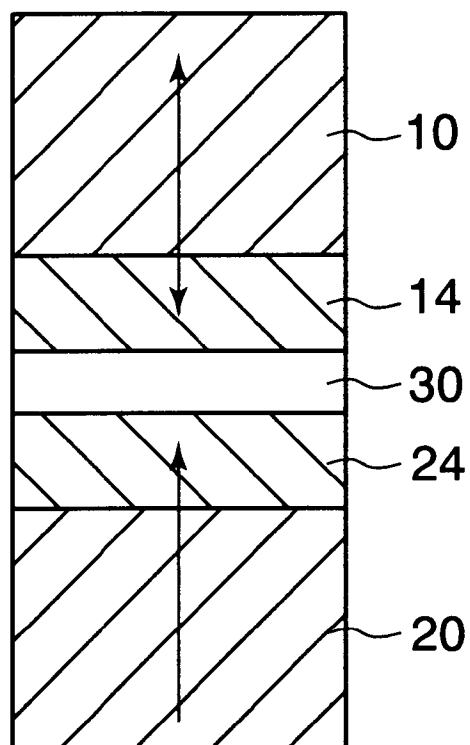
補正された請求の範囲
[2010年6月30日(30.06.2010)国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後) 膜面に垂直方向に磁化容易軸を有する第1の磁性層と、
膜面に垂直方向に磁化容易軸を有する第2の磁性層と、
前記第1の磁性層と前記第2の磁性層との間に設けられた第1の非磁性層と、
前記第1の磁性層と前記第1の非磁性層との間に設けられた第1の界面磁性層と、
前記第1の界面磁性層中に設けられたアモルファス構造を有する第2の非磁性層と、
を備え、前記第1の磁性層、前記第1の非磁性層、および前記第2の磁性層を貫く電流によって、前記第1の磁性層の磁化の方向が可変となることを特徴とする磁気抵抗効果素子。
- [請求項2] 前記第2の磁性層と前記第1の非磁性層との間に設けられた第2の界面磁性層と、
前記第2の磁性層と前記第2の界面磁性層との間か、または前記第2の界面磁性層の中のいずれかに設けられたアモルファス構造を有する第3の非磁性層と、
を備えていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項3] 前記第2の非磁性層は、Nb、Si、Ta、およびZrの群から選択された少なくとも1つの元素を含むことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項4] 前記第3の非磁性層は、Nb、Si、Ta、およびZrの群から選択された少なくとも1つの元素を含むことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項5] 前記第1および第2の磁性層の少なくともいずれかは、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素と、Pt、Pd、Ru、Ir、Auの群から選択された少なくとも1つの元素とを含む規則合金であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

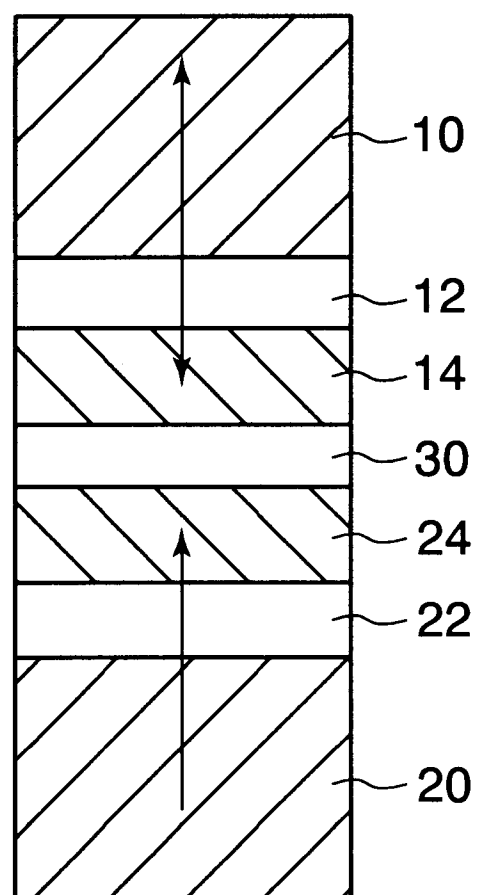
- [請求項6] 前記第1および第2の磁性層の少なくともいずれかは、Cu、Cr、Agの群から選択された少なくとも1つの元素を更に含むことを特徴とする請求項5記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項7] 前記第1および第2の磁性層の少なくともいずれかは、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素と、Cr、Ta、Nb、V、W、Hf、Ti、Zrの群から選択された少なくとも1つの元素を含む不規則合金であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項8] 前記第1および第2の磁性層の少なくともいずれかは、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素を含む第1合金と、Cr、Pt、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Re、Au、Cuの群から選択された少なくとも1つの元素を含む第2合金とが交互に積層された多層構造を有していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項9] 前記第1の界面磁性層は、Fe、Co、Niの群から選択された少なくとも1つの元素と、B、Taの群から選択された少なくとも1つの元素とを含む合金であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項10] 前記第1の界面磁性層は、 $(\text{Co}_{100-x} - \text{Fe}_x)_{100-y} \text{B}_y$ ($x \geq 20 \text{ at } \%$ 、 $0 < y \leq 30 \text{ at } \%$)であることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。
- [請求項11] 請求項1記載の磁気抵抗効果素子と、
前記磁気抵抗効果素子に通電を行う第1および第2の電極と、
前記第1の電極に電氣的に接続された第1の配線と、
前記第2の電極に電氣的に接続された第2の配線と、
前記第1の配線及び前記第2の配線に電氣的に接続され、かつ前記磁気抵抗効果素子に双方向に電流を供給する書き込み回路と、
を備えていることを特徴とする磁気メモリ。

- [請求項12] 前記第2の電極と前記第2の配線との間に接続される選択トランジスタと、
 前記選択トランジスタのオン／オフを制御する第3の配線と、
 をさらに備えていることを特徴とする請求項11記載の磁気メモリ
 。

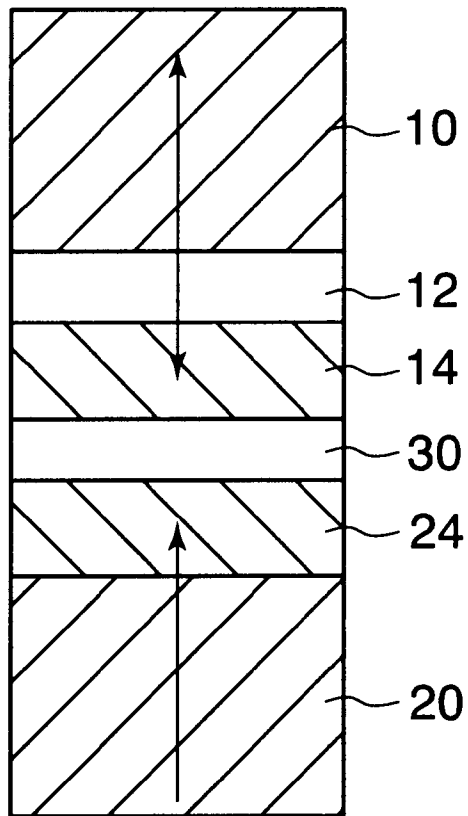
[図1]



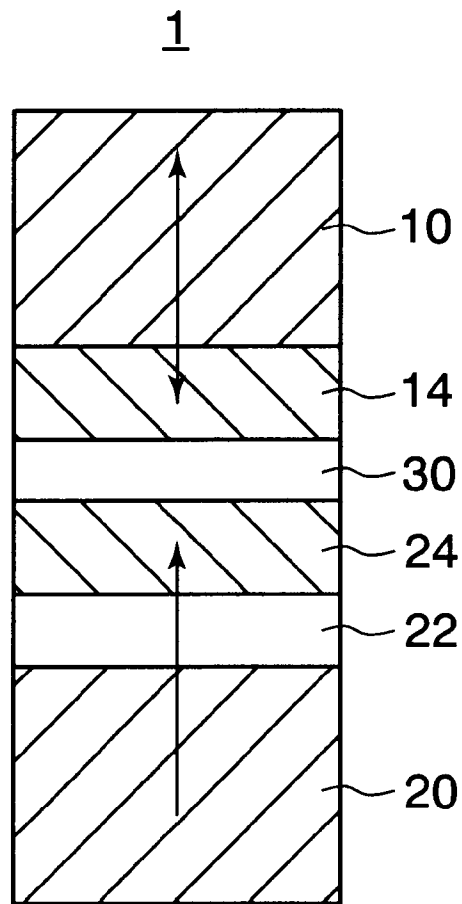
[図2]

1

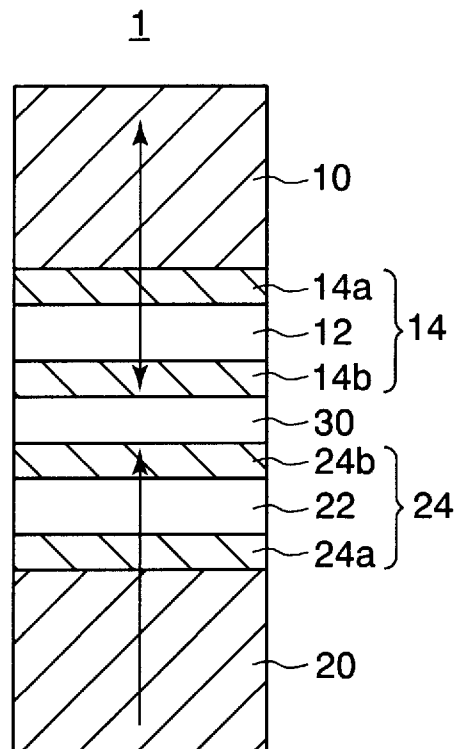
[図3]

1

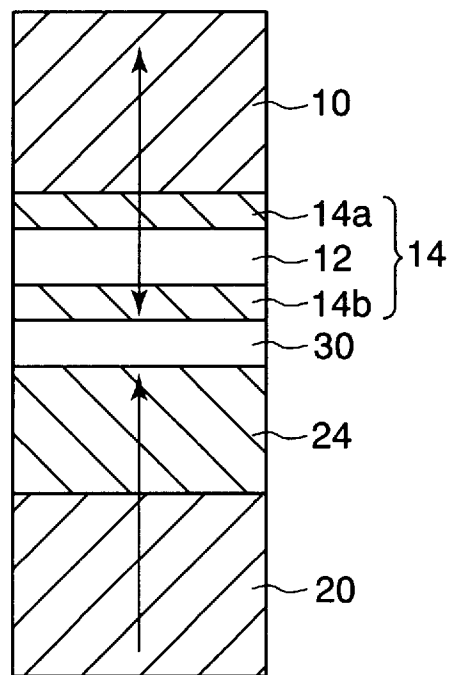
[図4]



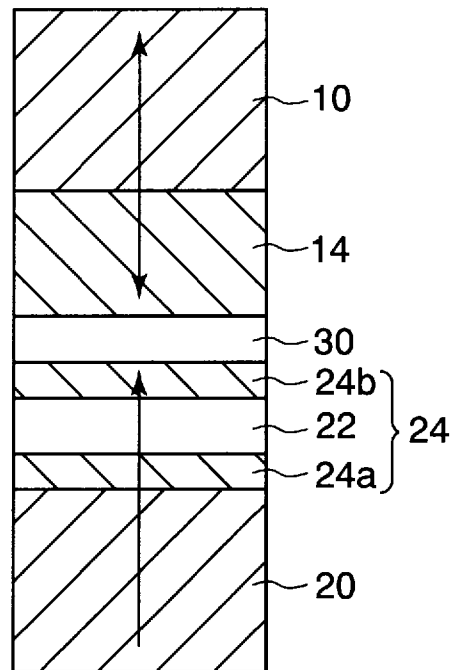
[図5]



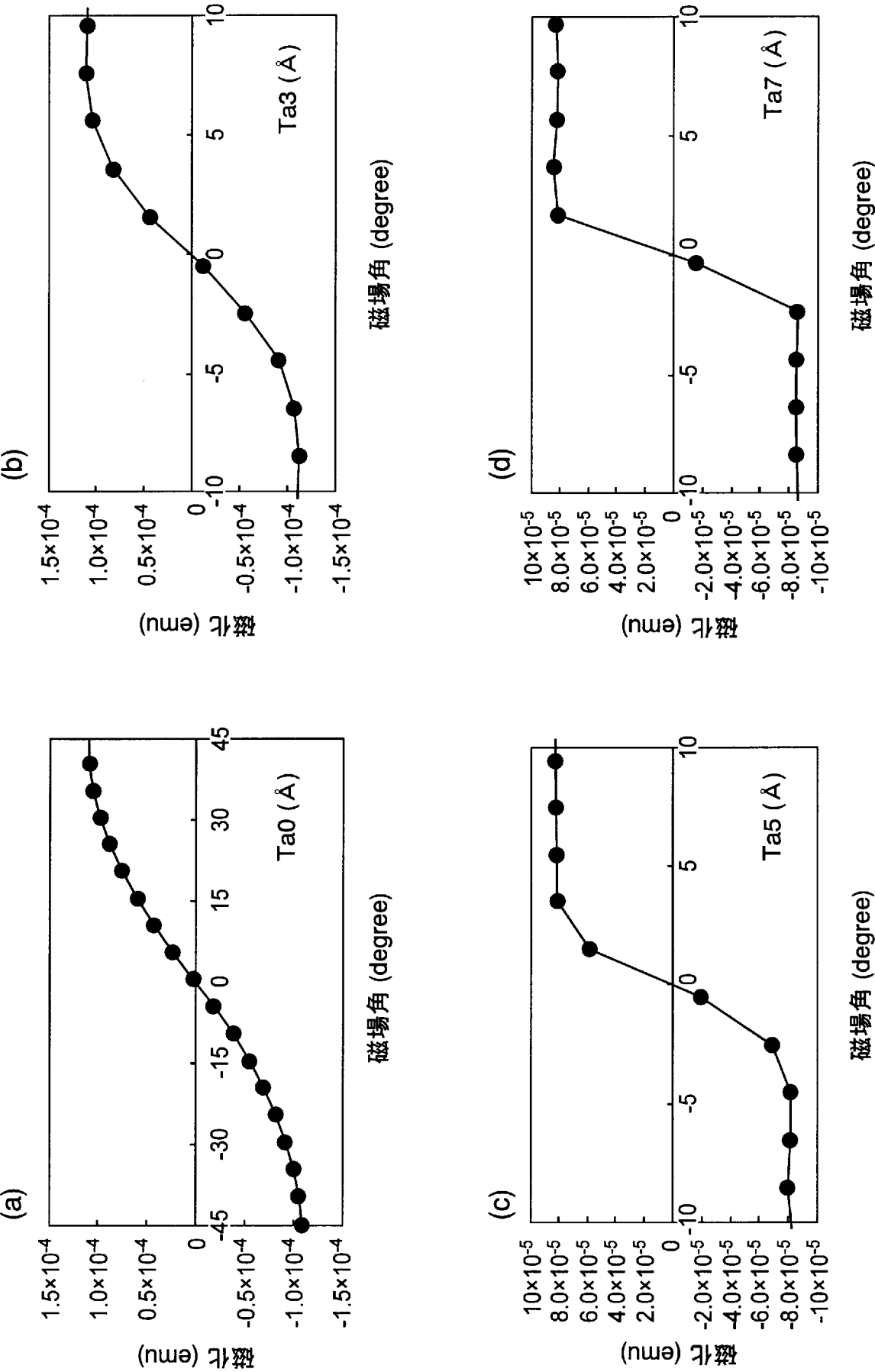
[図6]



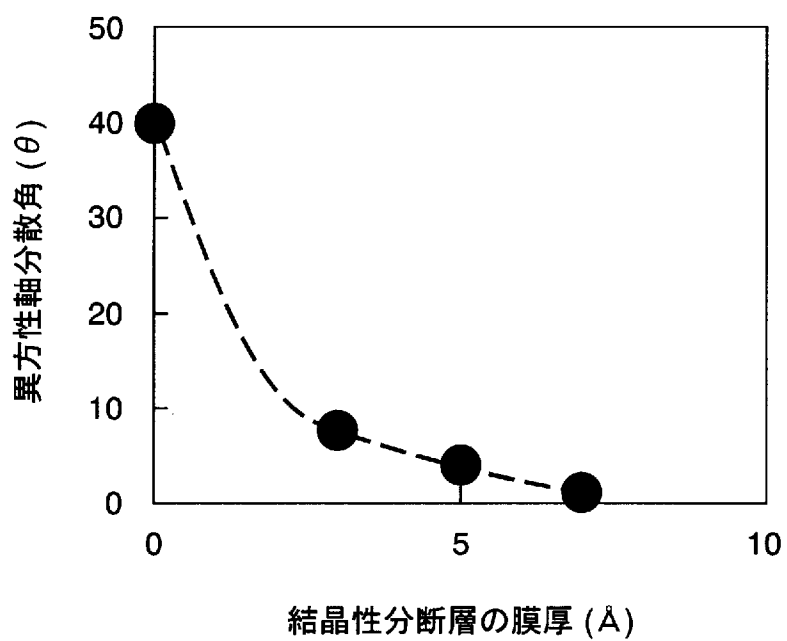
[図7]



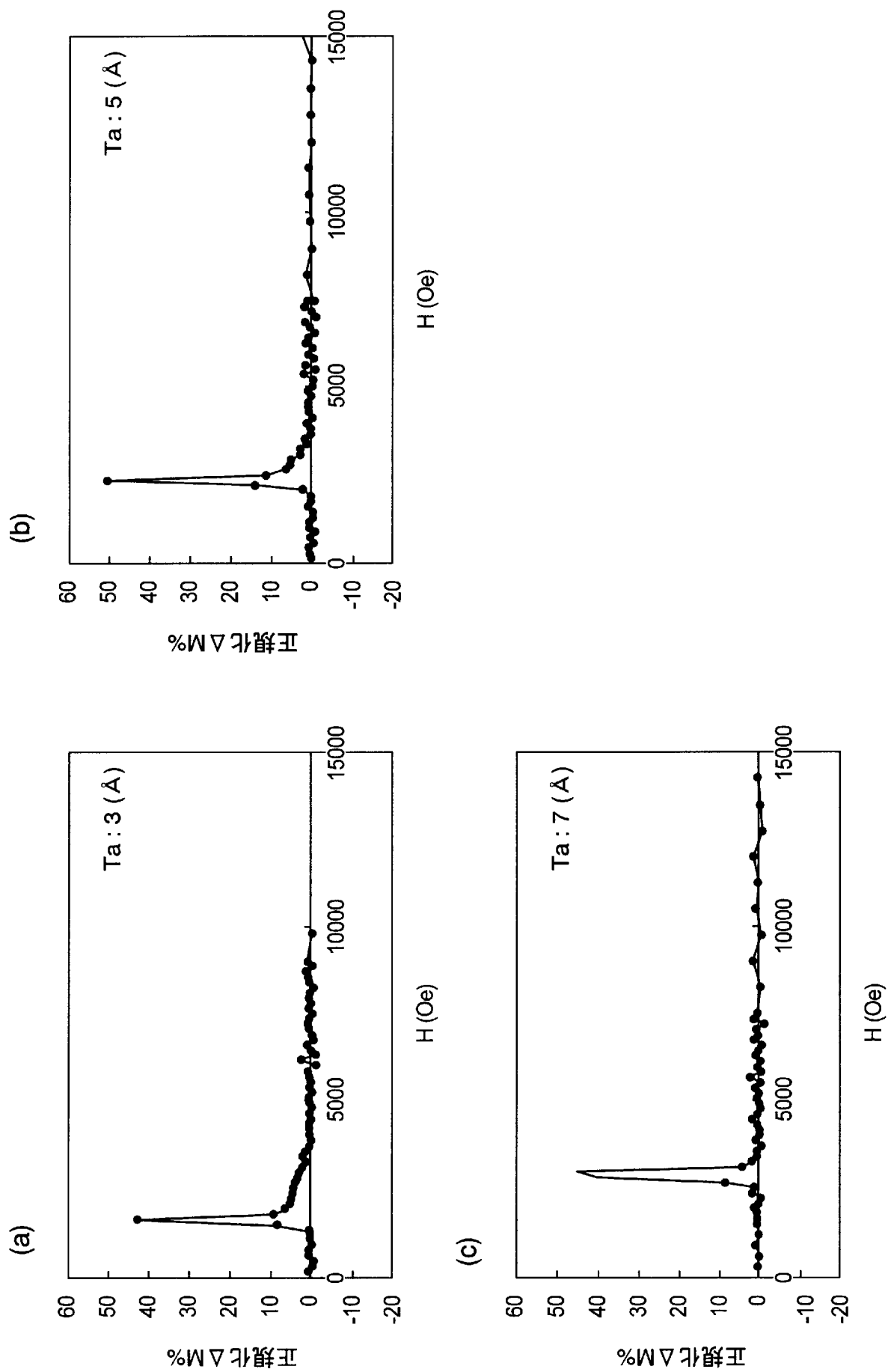
[図8]



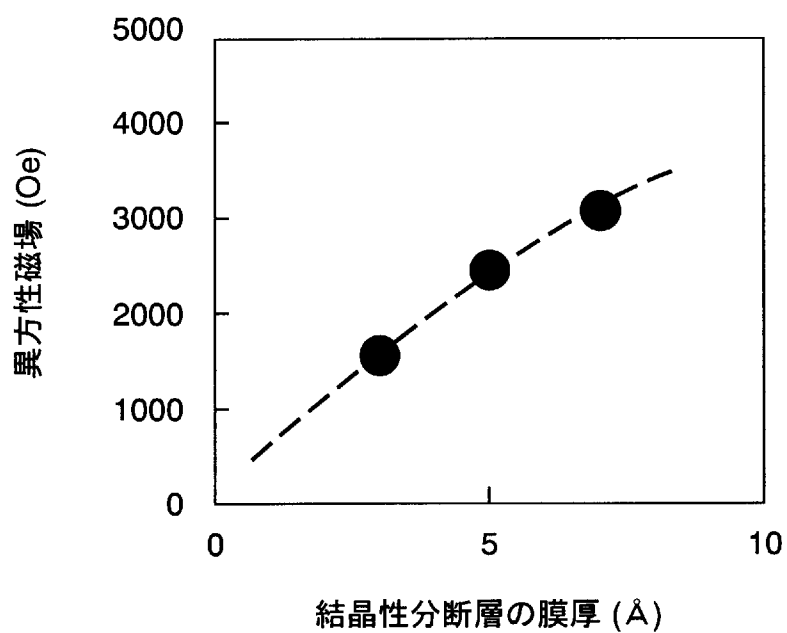
[図9]



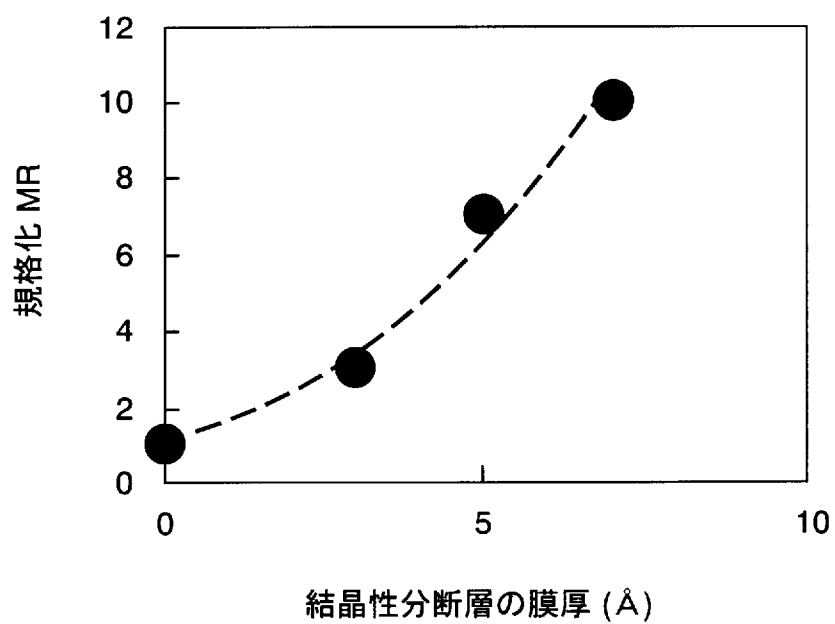
[図10]



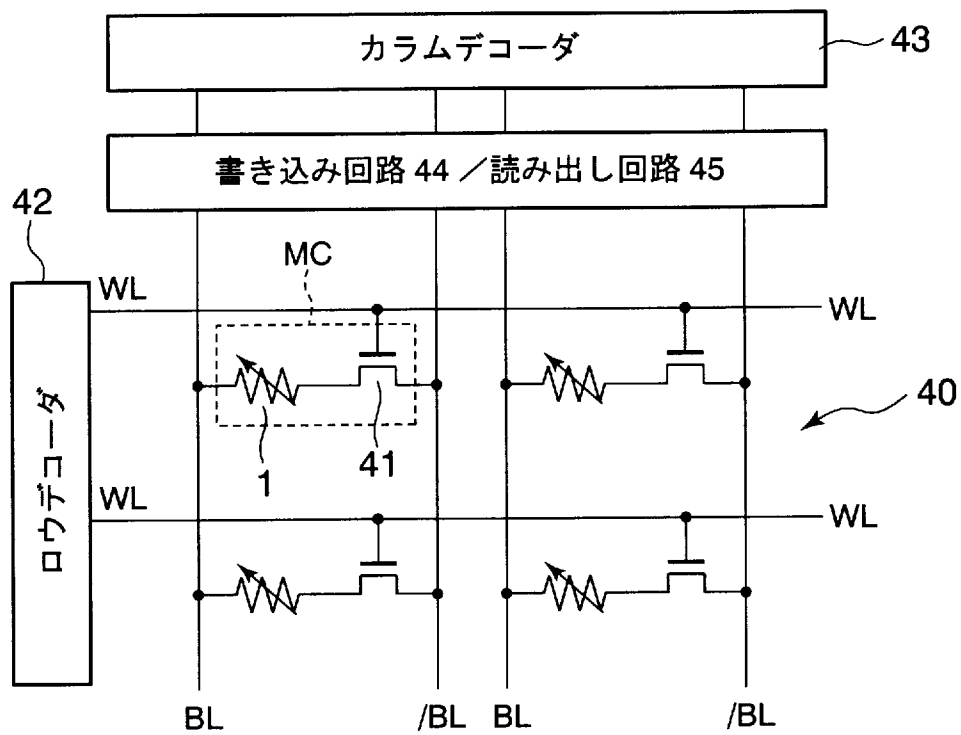
[図11]



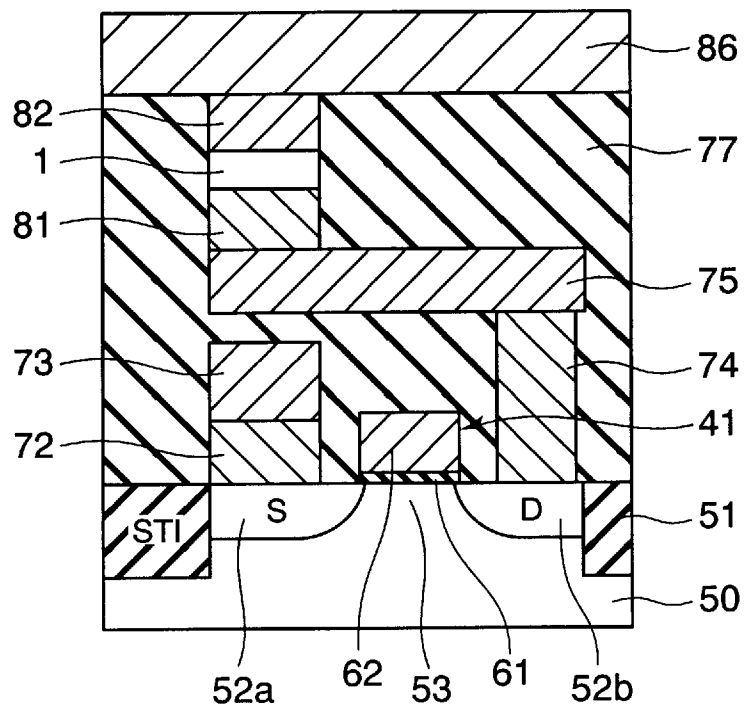
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/066774

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

H01L43/08

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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 Y	JP 2009-081216 A (Toshiba Corp.), 16 April 2009 (16.04.2009), paragraphs [0009] to [0121]; fig. 1 to 11 & US 2009/0080238 A1	1-9, 11, 12 10
Y	JP 2009-081315 A (Toshiba Corp.), 16 April 2009 (16.04.2009), paragraphs [0042], [0092] & US 2009/0080239 A1 & CN 101399313 A & KR 10-2009-0031993 A	10

☐ 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
11 December, 2009 (11.12.09)

Date of mailing of the international search report
22 December, 2009 (22.12.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/066774

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention in claim 1 is described in the document 1 cited in this International Search Report.

As a result, the invention in claim 1 does not have a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT Rule 13.2, since the invention does not make contribution over the prior art.

Therefore, since the inventions in claims 1 - 12 do not have the same or corresponding special technical feature, the inventions in claims 1 - 12 do not satisfy the requirement of unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. 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（I P C））

Int.Cl. 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 Y	JP 2009-081216 A（株式会社東芝）2009.04.16, 段落【0009】～【0121】、図1～11 & US 2009/0080238 A1	1-9, 11, 12 10
Y	JP 2009-081315 A（株式会社東芝）2009.04.16, 段落【0042】、段落【0092】 & US 2009/0080239 A1 & CN 101399313 A & KR 10-2009-0031993 A	10

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

1 1 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

正山 旭

4 M

3 8 4 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、国際調査報告で引用された文献1に記載されている。

結果として、前記請求項1に係る発明は先行技術の域を出ないから、PCT 規則 13.2 の第2文の意味において、請求項1に係る発明に特別な技術的特徴はない。

それ故、請求項1～12に係る発明に同一の又は対応する特別な技術的特徴はないから、請求項1～12に係る発明は単一性の要件を満たさない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。