

(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
2014 年 5 月 1 日(01.05.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/065049 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/8246 (2006.01) H01L 29/82 (2006.01)
G11C 11/15 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)
H01L 27/105 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/075395
- (22) 国際出願日: 2013 年 9 月 13 日(13.09.2013)
- (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 2012-235763 2012 年 10 月 25 日(25.10.2012) JP
- (71) 出願人: 日本電気株式会社(NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP). 国立大学法人東北大学(TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者: 根橋 竜介(NEBASHI, Ryusuke); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 崎村 昇(SAKIMURA, Noboru); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 杉林 直彦(SUGIBAYASHI, Tadahiko); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 辻

幸秀(TSUJI, Yukihide); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 多田 あゆ香(TADA, Ayuka); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 本庄 弘明(HONJOU, Hiroaki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 大野 英男(OHNO, Hideo); 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番 1 号国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).

- (74) 代理人: 池田 憲保, 外(IKEDA, Noriyasu et al.); 〒1000011 東京都千代田区内幸町 1 丁目 2 番 2 号日比谷ダイビル 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, BN, 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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC-DOMAIN-WALL-DISPLACEMENT MEMORY CELL AND INITIALIZING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 磁壁移動型メモリセル及びその初期化処理方法

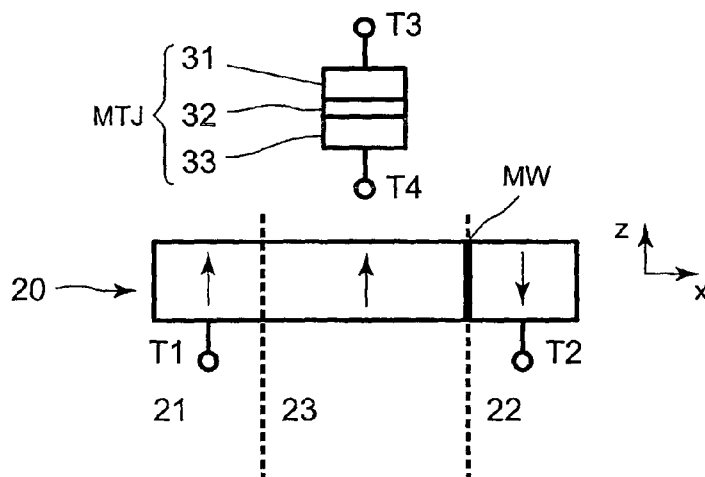


図 2B

(57) Abstract: A magnetic-domain-wall-displacement memory cell includes a recording layer having a magnetic film. The recording layer includes a magnetization reversal region where magnetization can be reversed and first and second magnetization fixed regions that supply spin-polarized electrons to the magnetization reversal region. A first region where reversal of magnetization occurs due to a first current flowing in parallel to the film surface of the recording layer and a first magnetic field component parallel to the film surface of the recording layer is formed, and a second region where reversal of magnetization does not occur is also formed.

(57) 要約: 磁壁移動型メモリセルは、磁性膜を含んだ記録層を有し、前記記録層は、磁化が反転可能な磁化反転領域と、磁化反転領域にスピンの偏極した電子を供給する第1、第2の磁化固定領域と、を有する。前記記録層の膜面に平行な方向に流れる第1の電流と、前記記録層の膜面に平行な方向の第1の磁場成分とによって磁化反転が起こる第1の領域が形成されると共に、磁化反転が起

こらない第2の領域が形成されるように構成した。



MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称

磁壁移動型メモリセル及びその初期化処理方法

5

技術分野

本発明は磁壁移動型メモリセル及びその初期化処理方法に関する。

背景技術

10 磁気ランダムアクセスメモリ（MRAM）は、磁性層の磁化の向きで情報を記憶するメモリである。MRAMは低電圧動作、不揮発性、書き換え回数が原理上無限大、高速動作などの望ましい特徴を持っているため、開発が進められている。

近年、電子の持つスピンと磁性体に局在している磁気モーメントとの間に働くトルクで記録層の磁化反転を誘起・制御する、磁壁移動型のMRAMが提案されている。この磁化反転は、以下では、「電流駆動磁壁移動」と参照される。磁壁移動型のMRAMは、例えば、特許文献1から5に記載されている。

磁壁移動型のMRAMは、磁壁移動素子を記憶素子として用いる。図1A及び図1Bは、典型的な磁壁移動素子の概略平面図及び断面図である。磁壁移動素子は、磁壁MWが移動する記録層10、及び、記録層10の磁化と磁気的な結合をした磁性層（第1、第2固定層16、17）を備える。記録層10は、磁化方向が反転可能な反転領域13と、その反転領域13の両側に形成された2つの固定領域（第1、第2固定領域11、12）とを備える。第1、第2固定領域11、12のそれぞれの磁化方向は、互いに逆向きに固定される。その結果、記録層10において、いずれかの固定領域と反転領域13との境界に磁壁MWが形成される。尚、図1A及び図1Bでは、反転領域13の磁化の方向を読み出す、読み出し機構を省略している。

25 磁壁移動素子では、反転領域13の磁化方向、すなわち、磁壁MWの位置が、記憶データに対応付けられる。記憶データの書き換えは、磁壁MWを移動させて反転領域13の磁化方向を反転させることにより行われる。その磁壁移動のため

に、記録層10において、書き込み電流が面内方向に供給される。その書き込み電流を担う伝導電子の方向に従って、磁壁MWが記録層10中を移動する。

また、非特許文献1によれば、垂直磁気異方性を有する垂直磁化膜が磁化記録層として用いられる場合、面内磁気異方性を有する面内磁化膜の場合と比較して、
5 書き込み電流が低減されることが理論的に示唆されている。従って、磁壁移動型のMRAMにおいて、垂直磁化膜を磁化記録層（磁壁移動層）として用いることが好ましい。

また、非特許文献2、3によれば、近年、面内磁場を印加しつつ、磁性膜に電流を流すことで、磁性膜の磁化を制御する新しい手法が報告されている。この手法は、電子を偏極させるための磁性層が不要であり、構造が単純であるという利
10 点を有する。この磁化の反転現象は、重金属層、強磁性層、酸化金属層からなる非対称な三層構造によるラシュバ場、もしくは、重金属層のスピンホール効果によるスピン流注入のいずれかと考えられ、現在、盛んに議論されている。以下では、この磁化反転は、「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」と参照
15 される。

尚、「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」によって、最終的に磁化が向く方向は重金属層の種類や積層の順番に依存する。具体的には、強磁性層がPtなどの重金属層に積層された場合、Z方向の単位ベクトルZ、面内磁場H、面内電流Iをそれぞれベクトルとして、 $Z \times I \times H$ に最終的に磁化が向く。
20 ここで、 $\times$ は外積を表す。また、強磁性層がPtなどの重金属層の下に積層された場合は、 $-Z \times I \times H$ の方向に最終的に磁化が向く。また、強磁性層がTaなどの重金属層の上に積層された場合は、 $-Z \times I \times H$ の方向に最終的に磁化が向く。また、強磁性層がTaなどの重金属層の下に積層された場合は、 $Z \times I \times H$ の方向に最終的に磁化が向く。以下の説明では簡単のため、強磁性層がPtなどの重金属層の上に積層された場合について説明するが、適宜変形または変更することが可能である。
25

先行技術文献

特許文献

特許文献1：特開2005-191032号公報

特許文献2：特開2007-103663号公報

特許文献3：特開2009-099625号公報

特許文献4：特開2009-252909号公報

5 特許文献5：特開2012-039015号公報

非特許文献

非特許文献1：S. Fukami et al., JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, VOL. 103, 07E718, (2008).

10 非特許文献2：I. M. Miron et al., Nature, 476, 189 (2011).

非特許文献3：L. Liu, et al., Phys. Rev. Lett. 106, 036601 (2011).

発明の概要

15 発明が解決しようとする課題

これまでの磁壁移動型のMRAMの固定層の1つの役割は、記録層に磁壁を形成（導入）することである。記録層に磁壁を形成（導入）することは、以下では、「初期化」と参照される。

20 初期化を目的として、典型的な磁壁移動型のMRAMは、保持力の異なる固定層を記録層中の2つの固定領域のそれぞれに積層している。この場合、適切な強度の一樣外部磁界を印加することによって、一方の固定層及び固定領域の磁化方向だけを反転させ、他方の固定層及び固定領域の磁化方向を維持することができる。つまり、2つの固定領域の磁化方向を逆向きにできる。このように、固定層は磁壁移動素子を初期化するために重要な要素のひとつである。

25 しかしながら、固定層を備えた磁壁移動素子は、固定層の製造プロセスが複雑であるという問題があった。たとえば、固定層を加工する際に、エッチングなどによるダメージが記録層に入ることにより、記録層の磁気特性が変化し、所望の磁気特性を得られなくなるという懸念があった。また、固定層を備えた磁壁移動素子は、固定層からの漏洩磁界が書き込み電流値を増加させる懸念があった。

そこで、本発明は、磁壁移動型のMRAMにおいて、初期化をするための固定層を不要とすることができる技術を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

本発明の第1の態様によれば、磁性膜を含んだ記録層を有し、前記記録層は、

- 5 磁化が反転可能な磁化反転領域と、前記磁化反転領域にスピン偏極した電子を供給する少なくとも1つ以上の磁化固定領域と、を有し、前記記録層の膜面に平行な方向に流れる第1の電流と、前記記録層の膜面に平行な方向の第1の磁場成分とによって磁化反転が起こる第1の領域が形成されると共に、磁化反転が起こらない第2の領域が形成されるように構成した、ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルが提供される。

- 15 本発明の第2の態様によれば、磁性膜を含んだ記録層を有し、前記記録層は、磁化が反転可能な磁化反転領域と、前記磁化反転領域にスピン偏極した電子を供給する少なくとも2つの磁化固定領域と、を有し、前記磁性膜の膜面に平行な方向に流れる第2の電流と、前記磁性膜の膜面に平行な方向の第2の磁場成分とによって第3の領域に第1の方向への磁化反転が誘起されると共に、前記磁性膜の膜面に平行な方向に流れる第3の電流と、前記磁性膜の膜面に平行な方向の第3の磁場成分とによって第4の領域に前記第1の方向と反平行の第2の方向への磁化反転が誘起されるように構成した、ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルが提供される。

20 発明の効果

本発明によれば、垂直磁化膜を用いた磁壁移動型のMRAMにおいて、初期化をするための固定層を不要とすることができるので、製造プロセスを簡単化でき、安価な磁壁移動型のMRAMを提供できる。

25 図面の簡単な説明

図1Aは、一般的な磁壁移動素子の構成を示す平面図である。

図1Bは、一般的な磁壁移動素子の構成を示す縦断面図である。

図2Aは、本発明の第1の実施形態に係る磁壁移動素子の構成を示す平面図である。

図 2 Bは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子の構成を示す縦断面図である。

図 3 Aは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子の 1 つの磁化状態を示す概念図である。

5 図 3 Bは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子の他の磁化状態を示す概念図である。

図 4 Aは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子に対するデータ書き込み動作を示す概念図である。

10 図 4 Bは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子に対するデータ書き込み動作を示す概念図である。

図 5 は、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子に対するデータ読み出し動作を示す概念図である。

図 6 Aは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子に対する初期化処理の第 1 ステップを示す概念図である。

15 図 6 Bは、本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子に対する初期化処理の第 2 ステップを示す概念図である。

図 7 Aは、本発明の第 2 の実施形態に係る磁壁移動素子の構成を示す平面図である。

20 図 7 Bは、本発明の第 2 の実施形態に係る磁壁移動素子の構成を示す縦断面図である。

図 8 は、本発明の第 2 の実施形態に係る磁壁移動素子に対する初期化処理を示す概念図である。

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態の変形例に係る磁壁移動素子の構成を示す平面図である。

25 図 1 0 は、本発明の第 2 の実施形態の変形例に係る磁壁移動素子に対する初期化処理を示す概念図である。

発明を実施するための形態

[第 1 の実施形態]

図 2 A、及び、図 2 B は本発明の第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子の概略平面図及び縦断面図である。第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子は、反転領域（磁化反転領域）2 3 とその両側の第 1、第 2 固定領域 2 1、2 2 からなる記録層 2 0、センス層 3 1、トンネルバリア層 3 2、リファレンス層 3 3、第 1 端子 T 1、
5 第 2 端子 T 2、第 3 端子 T 3、第 4 端子 T 4 を備える。尚、+ Z 方向は、図 2 B に矢印 z で示す通り、図示しない基板の裏面から表面へ向かう、基板に垂直な方向で定義される。X 方向及び Y 方向は、図 2 A に矢印 x、y で示す通り、Z 方向に垂直な水平方向として定義される。さらに、X 方向は磁壁移動素子の長手方向であり、Y 方向は、X 方向及び Z 方向に垂直な方向として定義される。また、記
10 録層 2 0 中の矢印は各磁性層の磁化方向を示している。また、磁化の状態としては、初期磁化状態を示している。

第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子は、図 1 A、図 1 B で説明した磁壁移動素子と比較すると、固定層を不要としている。また、図 2 A で明らかなように、記録層 2 0 の幅（Y 方向のサイズ）が、反転領域 2 3、第 1 固定領域 2 1、第 2 固定領域 2 2 でそれぞれ異なり、膜面内に平行な X 方向に流れる電流密度がそれぞれの領域で異なる。

記録層 2 0 は強磁性体で形成される。より詳細には、記録層 2 0 は、垂直磁気異方性を有する垂直磁化膜で形成される。記録層 2 0 の材料は、Fe、Co、Ni のうちから選択される少なくとも 1 つ以上を含むことが望ましい。記録層 2 0
20 は、Co/Ni 積層膜、Co/Pd 積層膜、Co/Pt 積層膜、Co-Cr-Pt 合金、Co-Fe-B 合金などの垂直磁気異方性を有する薄膜を用いる。さらに、記録層 2 0 の上下の層（図示されない）の少なくとも一方は Pt、Pd、Ta などの重金属が望ましい。また、記録層 2 0 の上下の層（図示されない）の他方は Mg-O、Al-O などの酸化金属が望ましい。このような構成により、重
25 金属層、強磁性層、酸化された金属層からなる非対称な三層構造によるラシュバ場、もしくは、重金属層のスピンホール効果によるスピン流注入のいずれかの現象を発現することができる。このように、記録層 2 0 における第 1、第 2 固定領域 2 1、2 2、反転領域 2 3 は、同じ膜構成を持つと言える。

センス層 3 1 は、強磁性体で形成される。より詳細には、センス層 3 1 は、面

内磁気異方性を有する面内磁化膜で形成される。センス層31の材料は、Fe、Co、Niのうちから選択される少なくとも1つ以上を含むことが望ましい。センス層31は、Ni-Fe合金、Co-Fe-B合金、Co-Fe合金などの面内磁気異方性を有する薄膜を用いる。センス層31は、磁化方向が+Y方向及び-Y方向のいずれか一方に変更可能である。

リファレンス層33は、強磁性体で形成される。より詳細には、リファレンス層33は、面内磁気異方性を有する面内磁化膜で形成される。リファレンス層33の材料は、センス層31の場合と同様である。尚、リファレンス層33の磁化は固定されており、書き込み、及び、読み出し動作によって変化しない。そのため、例えばリファレンス層33に反強磁性層（図示されない）が積層されてもよい。また、リファレンス層33は、強磁性層、非磁性層、強磁性層からなる積層膜であってもよい。その積層膜の2つの強磁性層の磁化は、反強磁性結合によって互いに反平行に向くように設定してもよい。

トンネルバリア層32は、非磁性層である。好適には、トンネルバリア層32は絶縁膜で形成され、その材料としてはMg-O、Al-O、Ni-O、Hf-Oが例示される。このトンネルバリア層32はセンス層31とリファレンス層33に挟まれており、これらセンス層31、トンネルバリア層32、リファレンス層33によって磁気トンネル接合（MTJ：Magnetic Tunnel Junction）が形成されている。尚、トンネルバリア層は、上記材料のほかに、非磁性の半導体や金属材料で形成されても良い。

記録層20は、その内部を磁壁MWが移動可能である。記録層20は、第1固定領域21、第2固定領域22、反転領域23を備える。第1固定領域21は、記録層20の保持力により+Z方向に磁化が保持され、書き込み、及び、読み出し動作によって磁化が変化しない。第2固定領域22は、記録層20の保持力により-Z方向に磁化が保持され、書き込み、及び、読み出し動作によって磁化が変化しない。反転領域23は、第1固定領域21と第2固定領域22の間に設けられ、磁化方向が+Z方向及び-Z方向のいずれか一方に変更可能である。

第1端子T1は、第1固定領域21に接続された電流端子である。第2端子T2は、第2固定領域22に接続された電流端子である。第3端子T3は、センス

層 3 1 に接続された電流端子である。第 4 端子 T 4 は、リファレンス層 3 3 に接続された電流端子である。尚、第 1 端子 T 1、第 2 端子 T 2 の一方と、第 3 端子 T 3、第 4 端子 T 4 の一方は兼用してもよい。

(データ” 0 ”と” 1 ”の磁化状態)

5 図 3 A 及び図 3 B は、第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子を取りうる 2 つの磁化状態を示している。それぞれの磁化状態は、記憶データ” 0 ”と” 1 ”に対応付けられる。例として、第 1 固定領域 2 1 の磁化方向は + Z 方向に保持されている。第 2 固定領域 2 2 の磁化方向は、- Z 方向に保持されている。リファレンス層 3 3 の磁化は + Y 方向（図面の表側から裏側に向う方向）に固定されている。

10 図 3 A に示されるように反転領域 2 3 の磁化が + Z 方向の場合、反転領域 2 3 と第 2 固定領域 2 2 の境の近傍位置に磁壁 MW が形成される。反転領域 2 3 からの漏洩磁界は、センス層 3 1 の位置において、+ Y 方向の成分を有し、センス層 3 1 の磁化は、漏洩磁界の方向に従って、+ Y 方向に向く。この場合、センス層 3 1 とリファレンス層 3 3 の磁化は平行であり、MTJ の抵抗値は低くなる（低抵抗状態）。この低抵抗状態は、例えばデータ” 0 ”に対応付けられる。

図 3 B に示されるように反転領域 2 3 の磁化が - Z 方向の場合、反転領域 2 3 と第 1 固定領域 2 1 の境の近傍位置に磁壁 MW が形成される。反転領域 2 3 からの漏洩磁界は、センス層 3 1 の位置において、- Y 方向の成分を有し、センス層 3 1 の磁化は、漏洩磁界の方向に従って、- Y 方向に向く。この場合、センス層 3 1 とリファレンス層 3 3 の磁化は反平行であり、MTJ の抵抗値は高くなる（高抵抗状態）。この高抵抗状態は、例えばデータ” 1 ”に対応付けられる。

尚、記録層 2 0 中のある位置に存在する磁壁 MW は、外力が働かない限り、その位置に安定して留まり続けることができる。それは、垂直磁気異方性を有する材料においては、無数のピニングサイトが存在し、それらが十分な熱安定性を有するためである。

(書き込み動作)

図 4 A 及び図 4 B は、第 1 の実施形態に係る磁壁移動素子の書き込み動作を示す概念図である。尚、説明の便宜上、MTJ は図示を省略している。例として、第 1 固定領域 2 1 の磁化方向は + Z 方向に保持されている。第 2 固定領域 2 2 の

磁化方向は、 $-Z$ 方向に保持されている。磁壁MWが反転領域23を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH0} 、磁壁MWが第1固定領域21を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH1} 、磁壁MWが第2固定領域22を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH2} とする。第1の実施形態では、

- 5 図2Aで説明したように、反転領域23、第1固定領域21、第2固定領域22のY方向の幅が異なるため、各領域の電流密度が異なる。詳しくは、反転領域23のY方向の幅が最も小さいため、磁壁駆動に必要な書き込み電流 I_{W_TH0} は最も小さい。次に、第1固定領域21のY方向の幅が2番目に小さいため、書き込み電流 I_{W_TH1} が2番目に小さい。最後に、第2固定領域22のY方向
- 10 の幅が最も大きいため、磁壁駆動に必要な書き込み電流 I_{W_TH2} が最も大きい。この場合、反転領域23の電流密度>第1固定領域21の電流密度>第2固定領域22の電流密度となる。

- 図4Aは、データ"1"からデータ"0"への書き換え時に供給される書き込み電流 I_{W0} を示している。書き込み電流 I_{W0} は端子T2から、記録層20を
- 15 通り、端子T1へ流れる。この場合、反転領域23には、第1固定領域21からスピン偏極した電子が注入される。注入された電子のスピンは、第1固定領域21と反転領域23の境にある磁壁MWを第2固定領域22の方向へ駆動する。書き込み電流 I_{W0} の大きさは、書き込み電流 I_{W_TH0} より大きく、書き込み電流 I_{W_TH1} より小さく設定される。その結果、磁壁MWが第2固定領域2
- 20 2と反転領域23の境へ移動し、反転領域23の磁化方向が $+Z$ 方向へ反転する。

- 図4Bは、データ"0"からデータ"1"への書き換え時に供給される書き込み電流 I_{W1} を示している。書き込み電流 I_{W1} は端子T1から、記録層20を
- 25 通り、端子T2へ流れる。この場合、反転領域23には、第2固定領域22からスピン偏極した電子が注入される。注入された電子のスピンは、第2固定領域22と反転領域23の境にある磁壁MWを第1固定領域21の方向へ駆動する。書き込み電流 I_{W1} の大きさは、書き込み電流 I_{W_TH0} より大きく、書き込み電流 I_{W_TH1} より小さく設定される。その結果、磁壁MWが第1固定領域21と反転領域23の境へ移動し、反転領域23の磁化方向が $-Z$ 方向へ反転する。
- (読み出し動作)

図5は、第1の実施形態に係る磁壁移動素子の読み出し動作を示す概念図である。尚、説明の便宜上、記録層は図示を省略している。データ読み出し時、読み出し電流 I_R が、端子T3と端子T4との間に供給される。その結果、読み出し電流は、トンネルバリア層32を貫通するようにMTJを流れる。その読み出し電流 I_R あるいは、読み出し電流 I_R に応じた読み出し電圧に基づいて、MTJの抵抗値が検出され、反転領域の磁化方向がセンスされる。

(初期化)

図6Aと図6Bは、第1の実施形態に係る磁壁移動素子の初期化を示す概念図である。尚、説明の便宜上、MTJは図示を省略している。第1の実施形態の磁壁移動素子の初期化は、「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」を利用する。ある面内磁場において、磁化反転領域、第1固定領域、及び、第2固定領域で磁化反転が起こる電流値を、それぞれ I_{INI_TH0} 、 I_{INI_TH1} 、 I_{INI_TH2} とする。第1の実施形態では、反転領域23、第1固定領域21、第2固定領域22のY方向の幅が異なるため、各領域の電流密度が異なる。反転領域23のY方向の幅が最も小さいため、反転領域23の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INI_TH0} は最も小さい。次に、第1固定領域21のY方向の幅が次に小さいため、第1固定領域21の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INI_TH1} が次に小さい。最後に、第2固定領域22のY方向の幅が最も大きいため、第2固定領域22の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INI_TH2} が最も大きい。

初期化は次の2つのステップで実施される。

図6Aに第1ステップを示す。第1ステップにおいて、 $-Z$ 方向（第3の方向）の外部磁界が一様に磁壁移動素子に印加される。この外部磁界の値を反転領域23、第1固定領域21、第2固定領域22の保持力より大きく設定することにより、反転領域23、第1固定領域21、第2固定領域22の磁化は $-Z$ 方向を向く。

図6Bに第2ステップを示す。第2ステップにおいては、 $-X$ 方向（記録層の膜面に平行な方向）の外部磁界（第1の磁場成分）が一様に磁壁移動素子に印加される。初期化時に供給される初期化電流 I_{INI} （第1の電流）は、端子T

1 から記録層 20 を通り、端子 T2 へ流れる。初期化電流 I_{INI} は、反転領域 23 の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INH0} より大きく、第 1 固定領域 21 の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INH1} より大きく、第 2 固定領域 22 の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INH2} より小さい。

5 この場合、反転領域 23 と、第 1 固定領域 21 の磁化は、「面内磁場と面内電流に誘起された磁化反転」の現象により、+Z 方向へ反転する。磁化反転が起こる第 1 固定領域 21 と反転領域 23 は第 1 の領域と呼ばれても良く、磁化反転が起こらない第 2 固定領域 22 は第 2 の領域と呼ばれても良い。

尚、初期化電流 I_{INI} は、書き込み電流 I_{W0} 及び I_{W1} より大きくなるように設計することが出来る。従って、データ書き込み時に、「面内磁場と面内電流に誘起された磁化反転」は起こらないように設計できる。

10

また、第 1 の実施形態では、初期化は 2 ステップもしくは 1 ステップで実行されるが、実際に磁壁が導入されたかを試験し、磁壁が導入されていないフェイルした素子に対してのみ、初期化電流と面内磁場を印加することにより、初期化率

15 を高めてもよい。尚、初期化処理は製品として出荷する前に行うことが想定されるので、このようなベリファイ試験を初期化に適用しても、出荷前のテスト時間は長くなるものの、集荷後の磁気ランダムアクセスメモリの動作速度のオーバーヘッドにはならない。

また、第 1 の実施形態では、初期化電流は、書き込み電流より大きいですが、初期化電流を流すことができるように、セルトランジスタサイズを大きくすることは必ずしも必要ない。通常、セルトランジスタは書き込み電流を供給できるように設計されるが、出荷前の初期化処理の際は、電源電圧を高めて、初期化電流を供給するようにすればよい。電源電圧を高めると、トランジスタの破壊が起こりやすくなるものの、高い電圧がかかる時間は出荷前の初期化時のみと短く、トラン

20

25 ジスタを破壊しないよう設計することが容易にできる。

以上のように、第 1 の実施形態によれば、垂直磁化膜を用いた磁壁移動型の MRAM において、初期化をするための固定層を不要とすることができる。そのため、製造プロセスを簡単化でき、安価な磁壁移動型の MRAM を提供できる。また、固定層を加工する際に生じていた、エッチングなどによるダメージが記録層

に入ることを防ぎ、信頼性の高い磁壁移動型のMRAMを提供できる。また、固定層からの漏洩磁界が書き込み電流値を増加させる懸念がないため、低電力動作できる磁壁移動型のMRAMを提供できる。

(第2の実施形態)

- 5 図7A、及び、図7Bは本発明の第2の実施形態に係る磁壁移動素子の概略平面図及び縦断面図である。第2の実施形態に係る磁壁移動素子は第1の実施形態と、平面構造のみ異なる。それゆえ第1の実施形態と同じ構成要素には同じ参照番号を付し、重複する説明は適宜省略される。

本発明の第2の実施形態によれば、図7Aに示すように、記録層40の平面形状において、第1固定領域41と反転領域43の一部はX軸方向に延伸し、第2固定領域42と反転領域43のその他の部分はY軸方向に延伸する。さらに第1固定領域41のY軸方向の幅、及び、第2固定領域42のX軸方向の幅は、X軸方向に延伸する反転領域43のY軸方向の幅と比較して大きい。また、第1固定領域41のY軸方向の幅と、第2固定領域42のX軸方向の幅はほとんど等しい。

- 15 なお、第1の実施形態と同様、記録層40における第1、第2固定領域41、42、反転領域43も、同じ膜構成を持つと言える。

図7Bをも参照して、磁壁MWが反転領域43を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH0} 、磁壁MWが第1固定領域41を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH1} 、磁壁MWが第2固定領域42を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH2} とする。第2の実施形態では、反転領域43の幅が最も小さいため、磁壁駆動に必要な書き込み電流 I_{W_TH0} は最も小さい。次に、第1固定領域41と第2固定領域42の幅が同程度で、かつ、反転領域43の幅より大きいため、磁壁駆動に必要な書き込み電流 I_{W_TH1} 、 I_{W_TH2} は同程度であり、書き込み電流 I_{W_TH0} より大きい。データ"1"からデータ"0"への書き換え時に供給される書き込み電流 I_{W0} 及びデータ"0"からデータ"1"への書き換え時に供給される書き込み I_{W1} の大きさは、書き込み電流 I_{W_TH0} より大きく、かつ書き込み電流 I_{W_TH1} 、 I_{W_TH2} より小さく設定することで、反転領域43において電流による磁壁移動を実現できる。

図8は、第2の実施形態に係る磁壁移動素子の初期化を示す概念図である。第2の実施形態の磁壁移動素子の初期化は、「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」を利用する。ある面内磁場において、磁化反転領域、第1固定領域、及び、第2固定領域で磁化反転が起こる電流値を、それぞれ I_{INI_TH0} 、
 5 I_{INI_TH1} 、 I_{INI_TH2} とする。第2の実施形態では、反転領域43、第1固定領域41、第2固定領域42の電流方向（図8に I_{INI} という矢印線で示される方向）に垂直な幅が異なるため、各領域の電流密度が異なる。反転領域43の幅が最も小さいため、反転領域43の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INI_TH0} は最も小さい。次に、第1固定領域41の幅と、第
 10 2固定領域42の幅が同程度に小さいため、第1固定領域41の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INI_TH1} と I_{INI_TH2} は同程度であり、書き込み電流 I_{INI_TH0} の次に小さい。

初期化は次の1つのステップで実施される。

図8に示すように、初期化時に磁壁移動素子に印加される面内磁場の方向は、
 15 XY平面において、X軸から時計回りの方向を正として、 -135 度方向である。初期化電流 I_{INI} は第1固定領域41－反転領域43－第2固定領域42の方向へ流す。初期化電流 I_{INI} は、反転領域43の磁化反転に必要な書き込み電流 I_{INI_TH0} より大きく、第1固定領域41の磁化反転に必要な電流 I_{INI_TH1} より大きく、第2固定領域42の磁化反転に必要な電流 I_{INI_TH2} より大きい。「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」は、Z方向の単位ベクトルZ、面内磁場H、面内電流Iをそれぞれベクトルとして、磁化は $Z \times I \times H$ の方向に最終的に向く。Xは外積である。ここで、ベクトルの三重積の公式と面内電流Iと単位ベクトルZが垂直であることを利用
 20 すると、 $Z \times I \times H = -(I \cdot H) Z + (I \cdot Z) H = -(I \cdot H) Z$ となり、面内電流Iと面内磁場Hの内積で、磁化が最終的に向くZ方向の正負がわかる。従って、第1固定領域41と、反転領域43の一部のX軸方向へ延伸した領域では、初期化電流 I_{INI} （第2の電流）と H_{xy} （第2の磁場成分）の内積が負であるため、磁化は+Z方向に最終的に向く。一方、第2固定領域42と、反転領域43のその他のY軸方向へ延伸した領域では、初期化電流 I_{INI}

(第3の電流)と $H \times y$ (第3の磁場成分)の内積が正であるため、磁化は $-Z$ 方向に最終的に向く。その結果、反転領域43に磁壁を導入することができる。また、第1固定領域41と第2固定領域42の磁化の向きは互いに反平行にすることができる。この場合、第1固定領域41と X 軸方向に延伸した反転領域43を含む第3の領域に第1の方向への磁化反転が誘起され、 Y 軸方向に延伸した反転領域43と第2固定領域42を含む第4の領域に第1の方向と反平行の第2の方向への磁化反転が誘起されたと言える。なお、第1の実施形態において記載した第3の方向を第1、第2の方向に関連付けて定義すれば、第3の方向は第1、第2の方向に垂直な方向であると言える。

10 尚、初期化電流 I_{INI} は、書き込み電流 I_{W0} 及び I_{W1} より大きくなるように設計することが出来る。従って、データ書き込み時に、「面内磁場と面内電流に誘起された磁化反転」は起こらないように設計できる。

図9は第2の実施形態の変形例に係る磁壁移動素子の概略平面図である。第2の実施形態の変形例に係る磁壁移動素子は第2の実施形態と、平面構造のみ異なる。それゆえ第2の実施形態と同じ構成要素には同じ参照番号を付し、重複する説明は適宜省略される。

この変形例によれば、記録層50の平面形状において、反転領域53は X 軸方向に延伸し、第1固定領域51と第2固定領域52は Y 軸方向に延伸する。さらに第1固定領域51の X 軸方向の幅、及び、第2固定領域52の X 軸方向の幅は、反転領域53の Y 軸方向の幅と比較して大きい。また、第1固定領域51の X 軸方向の幅と、第2固定領域52の X 軸方向の幅はほとんど等しい。

磁壁MWが反転領域53を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH0} 、磁壁MWが第1固定領域51を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH1} 、磁壁MWが第2固定領域52を移動するのに必要な書き込み電流値を I_{W_TH2} とする。本変形例では、反転領域53の幅が最も小さいため、磁壁駆動に必要な書き込み電流 I_{W_TH0} は最も小さい。次に、第1固定領域51と第2固定領域52の幅が同程度で、かつ、反転領域53の幅より大きいため、書き込み電流 I_{W_TH1} 、 I_{W_TH2} は同程度であり、書き込み電流 I_{W_TH0} より大きい。書き込み電流 I_{W0} 及び I_{W1} の大きさは、書き込み電流 I_{W_T}

H0より大きく、書き込み電流 I_{W_TH1} 、 I_{W_TH2} より小さく設定することで、反転領域53において電流による磁壁移動を実現できる。

図10は、第2の実施形態の変形例に係る磁壁移動素子の初期化を示す概念図である。初期化は次の1つのステップで実施される。本変形例に係る磁壁移動素

- 5 子の初期化は、「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」を利用する。ある面内磁場において、磁化反転領域、第1固定領域、及び、第2固定領域で磁化反転が起こる電流値を、それぞれ I_INI_TH0 、 I_INI_TH1 、 I_INI_TH2 とする。本変形例では、反転領域53、第1固定領域51、第2固定領域52の電流方向（図10に I_INI という矢印線で示される方向）に垂直な幅が異なるため、各領域の電流密度が異なる。反転領域53の幅が最も小さいため、反転領域53の磁化反転に必要な書き込み電流 I_INI_TH0 は最も小さい。次に、第1固定領域51の幅と、第2固定領域52の幅が同程度に小さいため、第1固定領域51の磁化反転に必要な書き込み電流 I_INI_TH1 と I_INI_TH2 は同程度であり、書き込み電流 I_INI_TH0 の次に小さい。
- 10
- 15

図10に示すように、初期化時に磁壁移動素子に印加される面内磁場の方向は、 $-Y$ 方向である。初期化電流 I_INI は第1固定領域51－反転領域53－第2固定領域52の方向へ流す。初期化電流 I_INI は、第1固定領域51の磁化反転に必要な書き込み電流 I_INI_TH1 より大きく、第2固定領域52の磁化反転に必要な書き込み電流 I_INI_TH2 より大きい。「面内磁場と面内電流により誘起された磁化反転」は、 Z 方向の単位ベクトル Z 、面内磁場 H 、面内電流 I をそれぞれベクトルとして、磁化は $Z \times I \times H$ の方向に最終的に向く。ここで、ベクトルの三重積の公式と面内電流 I と単位ベクトル Z が垂直であることを利用すると、 $Z \times I \times H = -(I \cdot H)Z + (I \cdot Z)H = -(I \cdot H)Z$ となり、電流 I と磁場 H の内積で、磁化が最終的に向く Z 方向の正負がわかる。従って、第1固定領域51は、電流 I_INI と H_y の内積が負であるため、磁化は最終的に $+Z$ 方向に向く。一方、第2固定領域52は、電流 I_INI と H_y の内積が正であるため、磁化は最終的に $-Z$ 方向に向く。その結果、第1固定領域51と第2固定領域52の磁化の向きは互いに反平行にするこ

20

25

とができる。

以上説明されたように、上記第2の実施形態及びその変形例によれば、垂直磁化膜を用いた磁壁移動型のMRAMにおいて、初期化をするための固定層を不要とすることができる。そのため、製造プロセスを単純化でき、安価な磁壁移動型のMRAMを提供できる。また、固定層を加工する際に生じていた、エッチングなどによるダメージが記録層に入ることを防ぎ、信頼性の高い磁壁移動型のMRAMを提供できる。また、固定層からの漏洩磁界が書き込み電流値を増加させる懸念がないため、低電力動作できる磁壁移動型のMRAMを提供できる。また、第1の実施形態と比較して、第1固定領域と第2固定領域における、電流が流れる方向に垂直な幅を同程度にしてもよいと、初期化電流のマージンを広げることができる。

次に、上記第1、第2の実施形態による磁壁移動型のMRAMに好適な初期化処理の態様を以下に記載する。

(態様1)

第1、第2の実施形態による磁壁移動型のMRAMのための初期化処理方法であって、

第1、第2の方向に垂直な第3の方向へ磁場を印加して、該第3の方向へ固定領域の磁化を向ける第1のステップと、

前記記録層の膜面に平行な方向に面内電流を流すと共に、前記記録層の膜面に平行な方向の磁場成分を印加する第2のステップと、を有する、ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法。

(態様2)

上記態様1の初期化処理方法において、

前記第2のステップに続き、

磁壁が導入されたと判断された素子をパスとし、磁壁が導入されていないと判断された素子をフェイルとする、磁壁が導入されたか否かをテストする第3のステップと、

前記第3のステップでフェイルと判断された素子に対してのみ、前記第1のステップと第2のステップと第3のステップを繰り返す、

ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法。

(態様 3)

上記態様 2 の初期化処理方法において、

前記第 2 のステップの面内電流を供給する際に、電源電圧を高く設定し、トラ

5 ンジスタの電流供給能力を高める、

ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法。

以上、本発明を、複数の実施形態及び変形例を参照して説明したが、本発明は
上記各実施形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態
は適宜変形又は変更され得ることが明らかである。たとえば、上記実施形態では、
10 反転領域と固定領域の幅の違いで、書き込み及び初期化の閾値電流を設定したが、
幅方向だけでなく、厚み方向（Z 方向）の違いで書き込み及び初期化の閾値電流
を制御しても良い。厚み方向の違いを第 1 の実施形態に適用する場合、第 1 固定
領域 2 1 よりも第 2 固定領域 2 2 の厚みを大きくする。

また、上記実施形態では、反転領域と固定領域の幅の違いで、書き込みの閾値
15 電流を設定し、書き込み時に磁壁が固定領域に入ることを抑制したが、例えば、
固定領域の下地の表面モフォロジーを反転領域と異なった状態にすることで、磁
壁が固定領域に入ることを抑制しても良い。また、このモフォロジーで固定領域
への磁壁の侵入を抑制する場合、反転領域と固定領域の電流密度を変えずに、幅
もしくは厚み方向を固定領域と反転領域で同じ大きさにしても良い。

20 また、上記実施形態では、垂直磁気異方性を有する材料における、無数のピニ
ングサイトを利用して、熱的に安定に磁壁を保持したが、より熱安定性を高める
ために、固定領域と反転領域の間に段差を設けても良い。

また、上記実施形態では、MTJ は反転領域から物理的に離れた位置に設けら
れたが、反転領域に接してトンネルバリア膜を形成し、さらに垂直磁気異方性を
25 有するリファレンス層をトンネルバリア膜の反転領域の反対側に形成して、反転
領域の磁化を読み出ししてもよい。

また、上記実施形態では、面内磁場は外部から印加したが、磁壁移動素子近傍
に配線を設け、その配線に電流を流すことで発生する磁界を利用しても良い。ま
た、第 1 固定領域の近傍に配線を設け、その配線に電流を流すことで、第 1 固定

領域のみにあって「面内磁場＋面内電流で誘起された磁化反転」を起こしても良い。また、第1固定領域の近傍に第1配線を設け、第2固定領域に第2配線を設け、第1配線と第2配線に流れる電流の向きを制御することで、第1固定領域と第2固定領域で「面内磁場＋面内電流で誘起された磁化反転」で反転する方向を

5 反平行に設定しても良い。

また、上記実施形態は、磁気ランダムアクセスメモリのメモリセルであるが、他の磁壁移動型メモリ、例えば、レーストラックメモリのスピン偏極領域の書き込みに本技術を利用しても良い。

この出願は、2012年10月25日に提出された日本出願特願第2012-235763号を基礎とする優先権を主張し、その開示のすべてをここに取り込む。

10

符号の説明

	11, 21, 41, 51	第1固定領域
15	12, 22, 42, 52	第2固定領域
	13, 23, 43, 53	反転領域

請 求 の 範 囲

[請求項 1]

磁性膜を含んだ記録層を有し、

5 前記記録層は、

磁化が反転可能な磁化反転領域と、

前記磁化反転領域にスピン偏極した電子を供給する少なくとも2つの磁化固定領域と、を有し、

10 前記記録層の膜面に平行な方向に流れる第1の電流と、前記記録層の膜面に平行な方向の第1の磁場成分とによって磁化反転が起こる第1の領域が形成されると共に、磁化反転が起こらない第2の領域が形成されるように構成した、ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 2]

磁性膜を含んだ記録層を有し、

15 前記記録層は、

磁化が反転可能な磁化反転領域と、

前記磁化反転領域にスピン偏極した電子を供給する少なくとも2つの磁化固定領域と、を有し、

20 前記磁性膜の膜面に平行な方向に流れる第2の電流と、前記磁性膜の膜面に平行な方向の第2の磁場成分とによって第3の領域に第1の方向への磁化反転が誘起されると共に、

前記磁性膜の膜面に平行な方向に流れる第3の電流と、前記磁性膜の膜面に平行な方向の第3の磁場成分とによって第4の領域に前記第1の方向と反平行の第2の方向への磁化反転が誘起されるように構成した、

25 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 3]

請求項 1 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記第1の領域は前記第2の領域に比べて電流密度が高い、ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 4]

請求項 2 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記第 2 の電流と前記第 2 の磁場成分の内積と、前記第 3 の電流と前記第 3 の磁場成分の内積の正負が異なる、

- 5 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 5]

請求項 3 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記第 1 の電流の方向に垂直で、かつ、膜面内方向の幅が、前記第 1 の領域より、前記第 2 の領域のほうが広い、

- 10 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 6]

請求項 3 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記第 1 の電流の方向に垂直で、かつ、膜面に垂直方向の厚みが、前記第 1 の領域より、前記第 2 の領域のほうが厚い、

- 15 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 7]

請求項 2 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記磁性膜の膜面に平行な前記第 2 の電流の方向と、前記磁性膜の膜面に平行な前記第 3 の電流の方向が互いに異なる、

- 20 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 8]

請求項 1 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記第 1 の電流で前記記録層に磁壁を導入し、

前記第 1 の電流より小さい書き込み電流で磁壁を移動する、

- 25 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 9]

請求項 2 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、

前記第 2 の電流と前記第 3 の電流で前記記録層に磁壁を導入し、

前記第 2 の電流及び前記第 3 の電流より小さい書き込み電流で磁壁を移動する、

ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 1 0]

請求項 1 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、
前記第 1 の領域と前記第 2 の領域は同じ膜構成である、

5 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

[請求項 1 1]

請求項 2 に記載の磁壁移動型メモリセルにおいて、
前記第 3 の領域と前記第 4 の領域は同じ膜構成である、
ことを特徴とする磁壁移動型メモリセル。

10 [請求項 1 2]

請求項 1 又は 2 に記載の磁壁移動型メモリセルのための初期化処理方法であって、

前記第 1、第 2 の方向に垂直な第 3 の方向へ磁場を印加して、該第 3 の方向へ固定領域の磁化を向ける第 1 のステップと、

15 前記記録層の膜面に平行な方向に面内電流を流すと共に、前記記録層の膜面に平行な方向の磁場成分を印加する第 2 のステップと、を有する、
ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法。

[請求項 1 3]

請求項 1 2 に記載の磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法において、

20 前記第 2 のステップに続き、

磁壁が導入されたと判断された素子をパスとし、磁壁が導入されていないと判断された素子をフェイルとする、磁壁が導入されたか否かをテストする第 3 のステップと、

前記第 3 のステップでフェイルと判断された素子に対してのみ、前記第 1 のステップと第 2 のステップと第 3 のステップを繰り返す、
25 ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法。

[請求項 1 4]

請求項 1 2 に記載の磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法において、
前記第 2 のステップの面内電流を供給する際に、電源電圧を高く設定し、トラ

ンジスタの電流供給能力を高める、
ことを特徴とする磁壁移動型メモリセルの初期化処理方法。

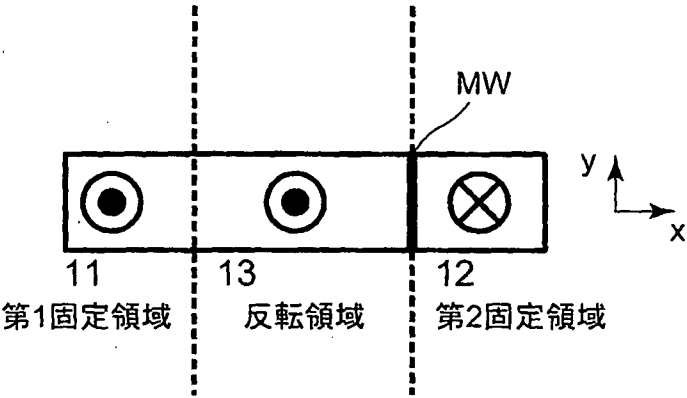


図 1A

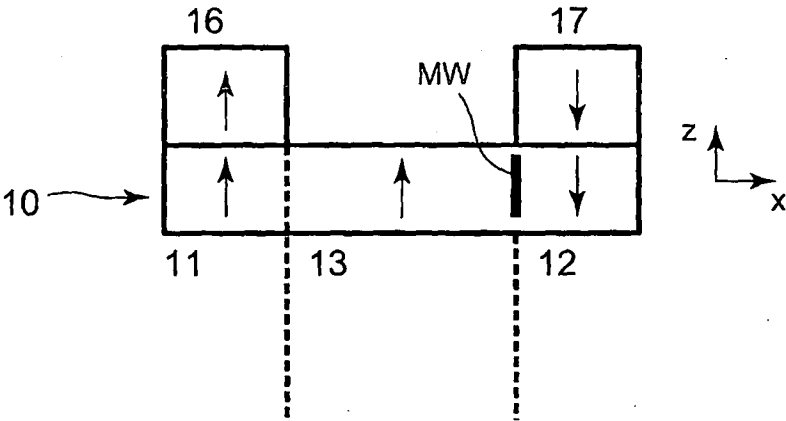


図 1B

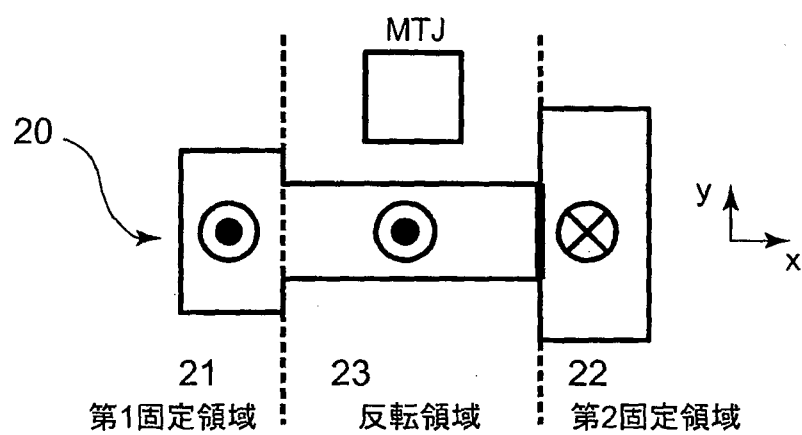


図 2A

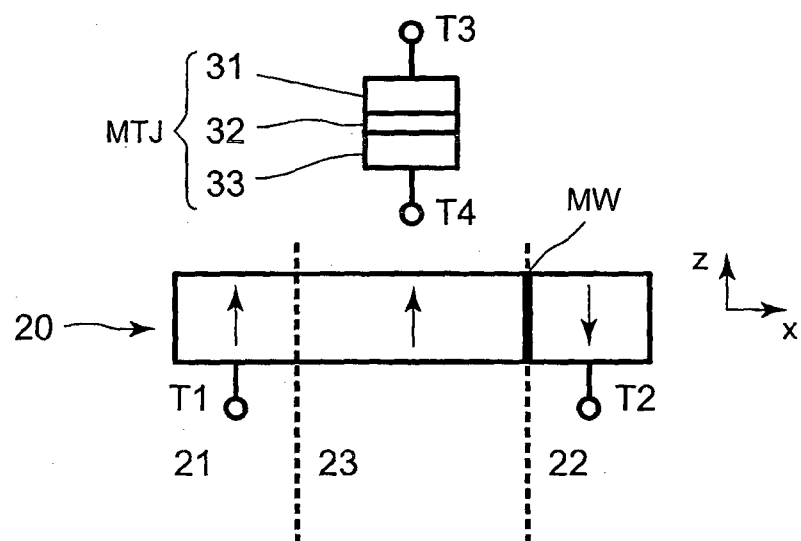


図 2B

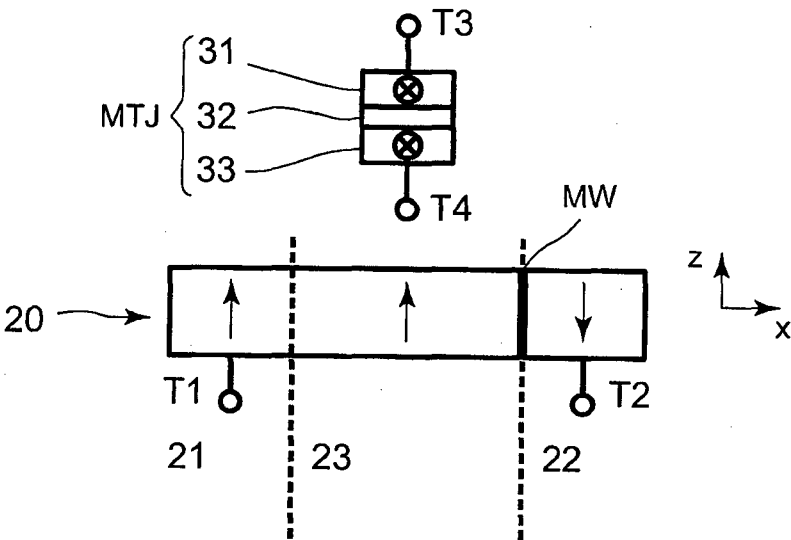


図 3A

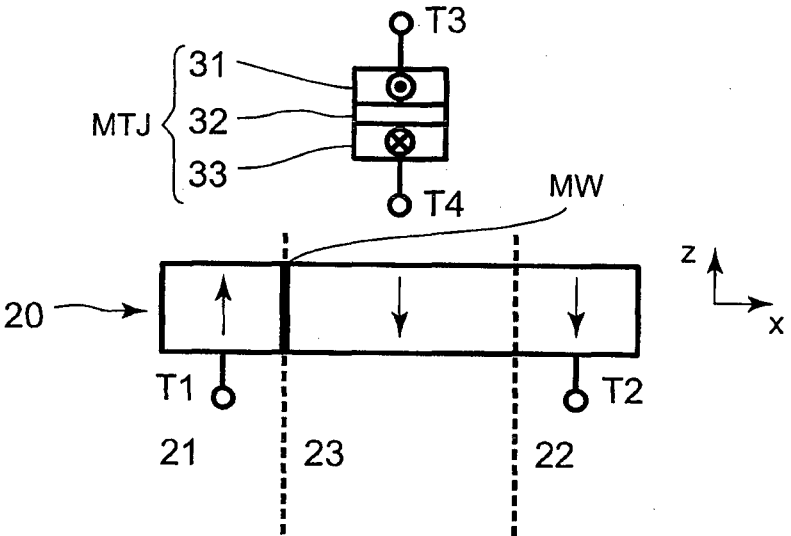


図 3B

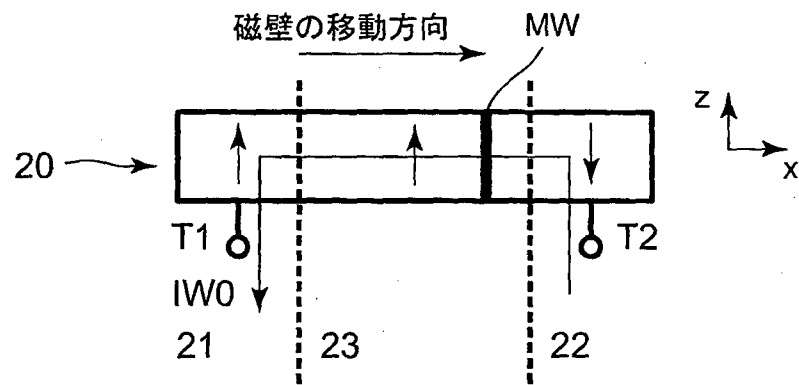


図 4A

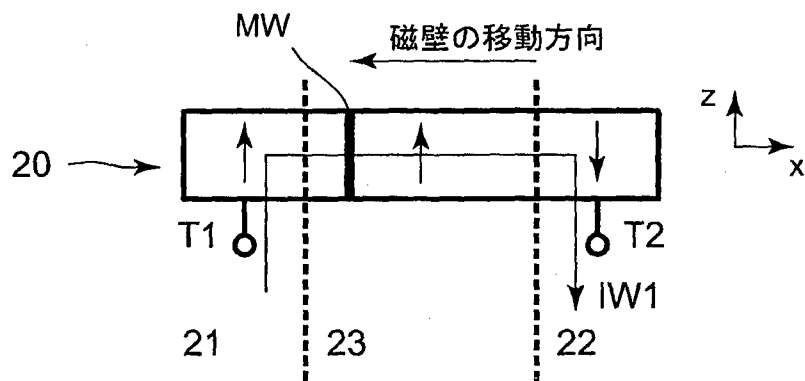


図 4B

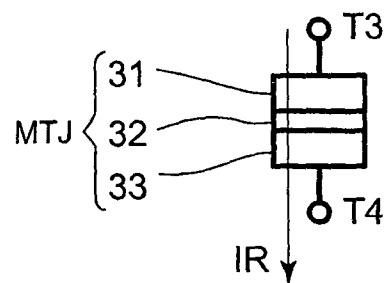


図 5

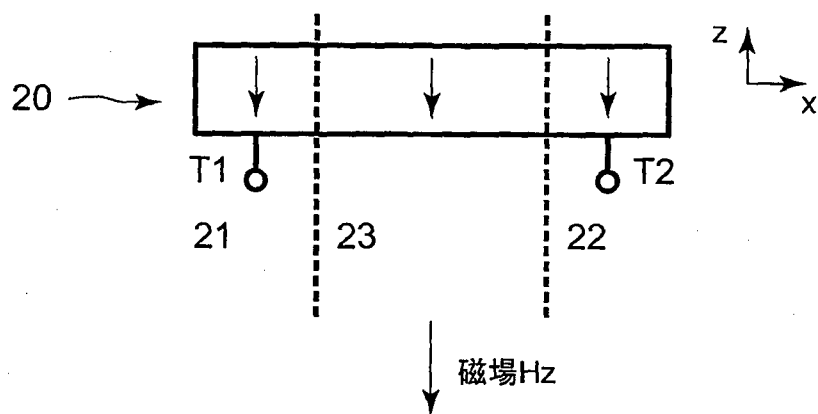


図 6A

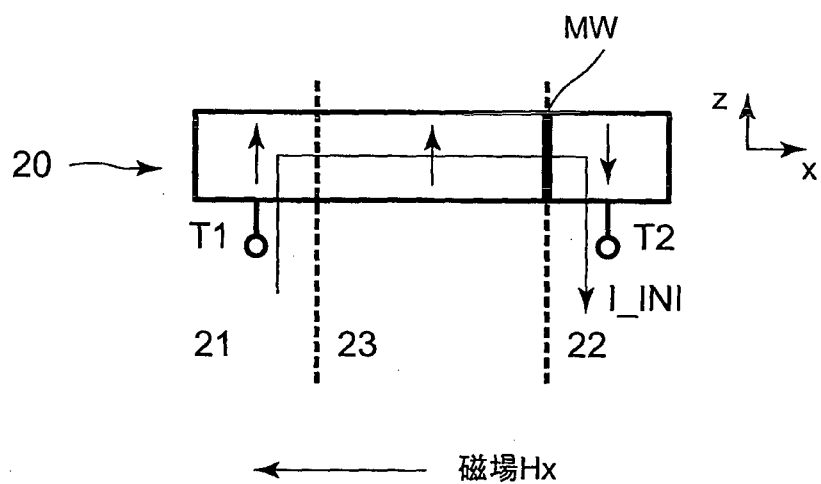


図 6B

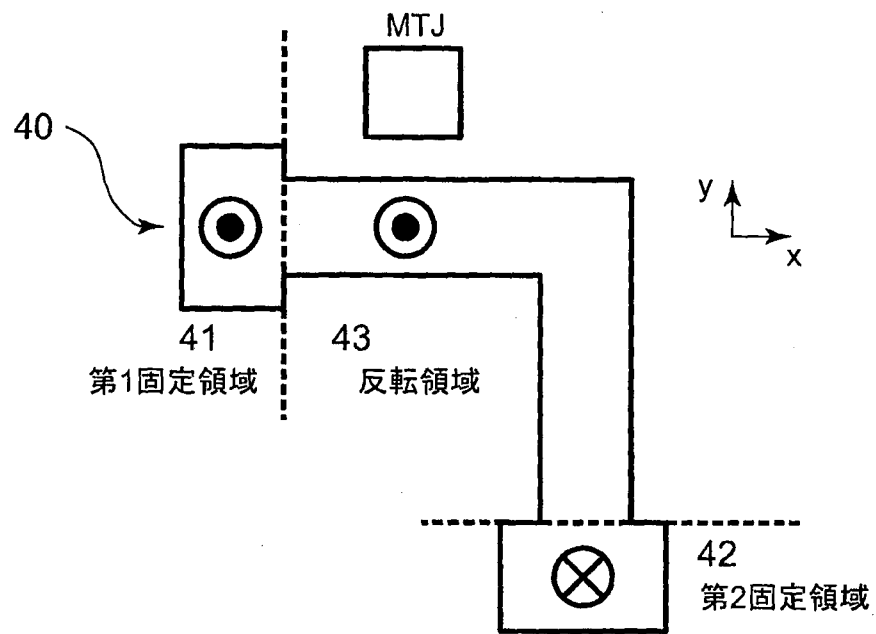


図 7A

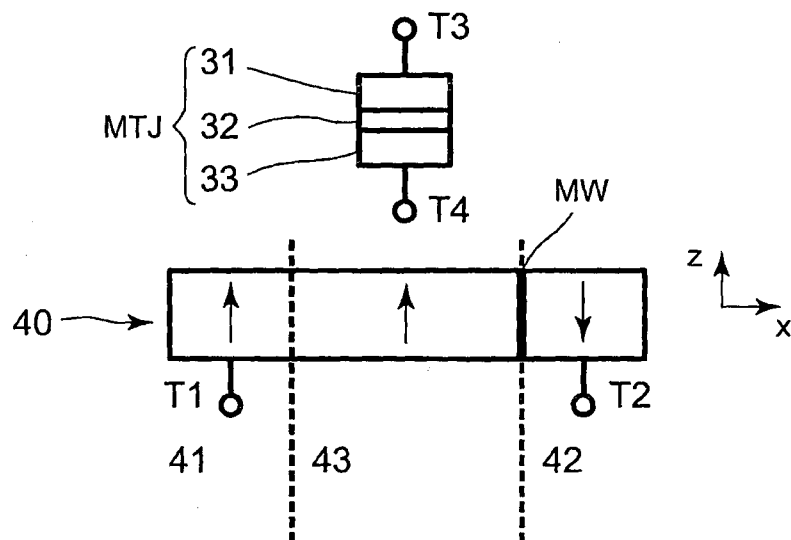


図 7B

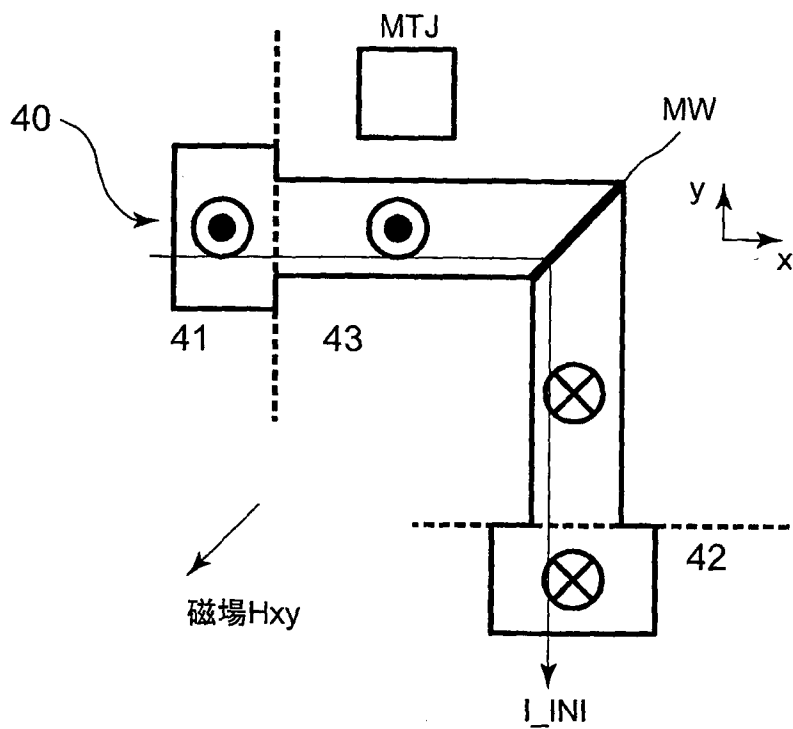


図 8

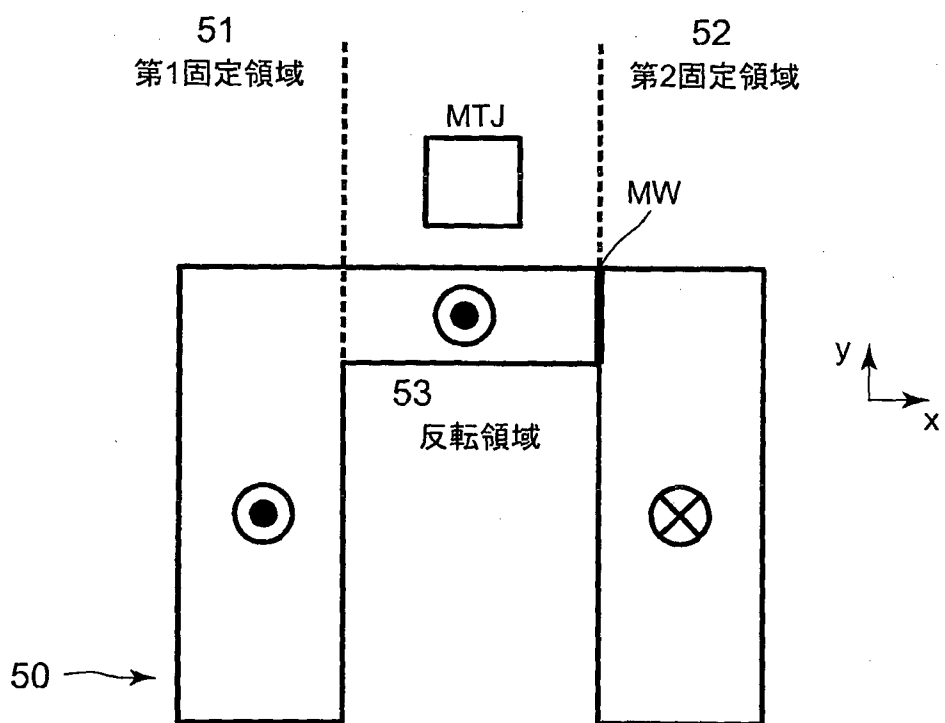


図 9

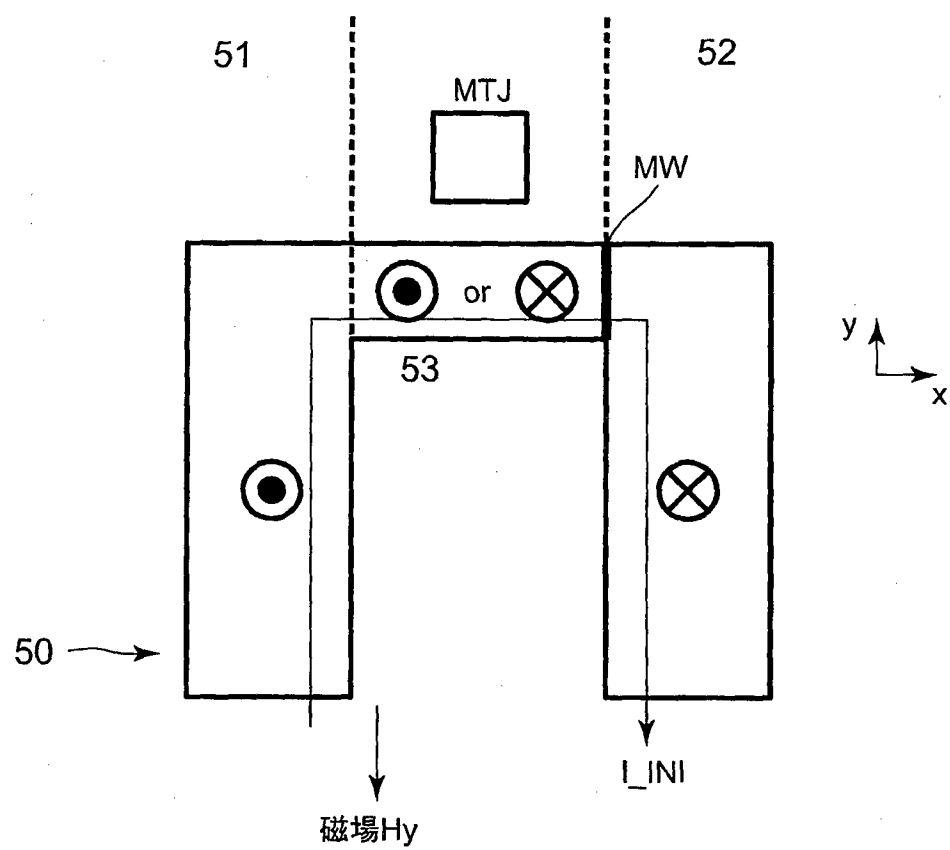


図 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/075395

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/8246(2006.01)i, G11C11/15(2006.01)i, H01L27/105(2006.01)i,
H01L29/82(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)

H01L21/8246, G11C11/15, H01L27/105, H01L29/82, 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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
A	WO 2012/127722 A1 (Renesas Electronics Corp.), 27 September 2012 (27.09.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-14
A	WO 2009/093387 A1 (NEC Corp.), 30 July 2009 (30.07.2009), entire text; all drawings & US 2010/0315854 A1	1-14
A	WO 2009/019948 A1 (NEC Corp.), 12 February 2009 (12.02.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-14



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

"I" 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
31 October, 2013 (31.10.13)

Date of mailing of the international search report
19 November, 2013 (19.11.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/8246(2006.01)i, G11C11/15(2006.01)i, H01L27/105(2006.01)i, H01L29/82(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（I P C））

Int.Cl. H01L21/8246, G11C11/15, H01L27/105, H01L29/82, 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 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
A	WO 2012/127722 A1（ルネサスエレクトロニクス株式会社） 2012.09.27, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-14
A	WO 2009/093387 A1（日本電気株式会社）2009.07.30, 全文, 全図 & US 2010/0315854 A1	1-14
A	WO 2009/019948 A1（日本電気株式会社）2009.02.12, 全文, 全図（フ ァミリーなし）	1-14

☐ 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

3 1 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 9 . 1 1 . 2 0 1 3

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

石坂 博明

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

5 F

3 3 5 3