

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年2月12日 (12.02.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/019947 A1

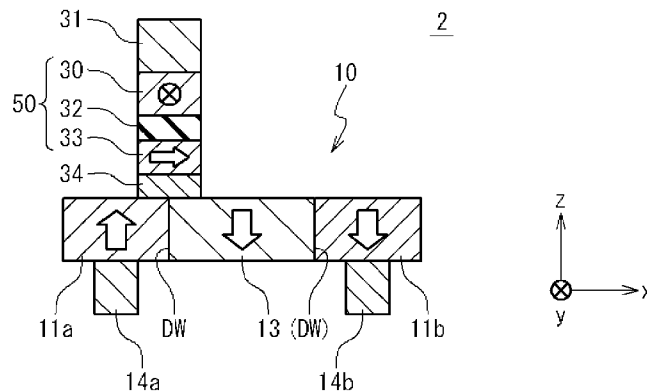
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/8246 (2006.01) H01L 29/82 (2006.01)
G11C 11/15 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)
H01L 27/105 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/062277
- (22) 国際出願日: 2008年7月7日 (07.07.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2007-202943 2007年8月3日 (03.08.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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).
- (74) 代理人: 工藤 実 (KUDOH, Minoru); 〒1400013 東京都品川区南大井六丁目2番10号カドヤビル6階 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 哲広
- (SUZUKI, Tetsuhiro) [JP/JP]; 〒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).
大嶋 則和 (OHSHIMA, Norikazu) [JP/JP]; 〒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).
深見 俊輔 (FUKAMI, Shunsuke) [JP/JP]; 〒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).
永原 聖万 (NAGAHARA, Kiyokazu) [JP/JP]; 〒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).
石綿 延行 (ISHIWATA, Nobuyuki) [JP/JP]; 〒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).
- (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,

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC WALL RANDOM ACCESS MEMORY

(54) 発明の名称: 磁壁ランダムアクセスメモリ

[図4B]



(57) Abstract: A magnetic random access memory includes a magnetization recording layer (10) serving as a ferromagnetic layer having vertical magnetic anisotropy and a magnetic reading layer (50) provided on the magnetization recording layer (10) for reading information. The magnetization recording layer (10) includes a magnetization inverted region (13) having invertible magnetization, a first magnetization fixed region (11a) connected with a first border of the magnetization inverted region (13) and having an orientation of magnetization fixed in a first direction and a second magnetization fixed region (11b) connected with a second border of the magnetization inverted region (13) and having an orientation of magnetization fixed in a second direction. The magnetic reading layer (50) includes a magnetic sense layer (33) having a direction of magnetization varying in response to the direction of the magnetization of the magnetization inverted region (13), a non-magnetic barrier layer (32) provided on the magnetic sense layer (33) and a pin layer (30) provided on the non-magnetic barrier layer (32).

(57) 要約: 磁気ランダムアクセスメモリは、垂直磁気異方性を有する強磁性層である磁化記録層(10)と、磁気記録層(10)上に設けられ情報を読み出すための磁気読出し層(50)とを具備する。磁化記録層(10)は、反転可能な磁化を有する磁化反転領域(13)と、磁化反転領域(13)の第1境界に接続され磁化の向

[続葉有]



WO 2009/019947 A1



BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, 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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

きが第1方向に固定された第1磁化固定領域(11a)と、磁化反転領域(13)の第2境界に接続され磁化の向きが第2方向に固定された第2磁化固定領域(11b)とを備える。磁気読出し層(50)は、磁化反転領域(13)の磁化の方向に対応して磁化の方向が変化する磁気センス層(33)と、磁気センス層(33)上に設けられた非磁性バリア層(32)と、非磁性バリア層(32)上に設けられたピン層(30)とを備える。

明 細 書

磁壁ランダムアクセスメモリ

技術分野

[0001] 本発明は、磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM:Magnetic Random Access Memory)に関し、特に、磁壁移動方式のMRAMに関する。

背景技術

[0002] MRAMは、高集積・高速動作の観点から有望な不揮発性メモリである。MRAMにおいては、TMR(Tunnel MagnetoResistance)効果などの「磁気抵抗効果」を示す磁気抵抗素子が利用される。その磁気抵抗素子には、例えばトンネルバリア層が二層の強磁性層で挟まれた磁気トンネル接合(MTJ;Magnetic Tunnel Junction)が形成される。その二層の強磁性層は、磁化の向きが固定された磁化固定層(ピン層)と、磁化の向きが反転可能な磁化自由層(フリー層)とを有している。

[0003] ピン層とフリー層の磁化の向きが“反平行”である場合のMTJの抵抗値($R + \Delta R$)は、磁気抵抗効果により、それらが“平行”である場合の抵抗値(R)よりも大きくなることが知られている。MRAMは、このMTJを有する磁気抵抗素子をメモリセルとして用い、その抵抗値の変化を利用することによってデータを不揮発的に記憶する。例えば、反平行状態はデータ“1”に対応付けられ、平行状態はデータ“0”に対応付けられる。メモリセルに対するデータの書き込みは、フリー層の磁化の向きを反転させることによって行われる。

[0004] MRAMに対するデータの書き込み方法として、「アステロイド方式」や「トグル方式」が知られている。これらの書き込み方式によれば、メモリセルサイズにほぼ反比例して、フリー層の磁化を反転させるために必要な反転磁界が大きくなる。つまり、メモリセルが微細化されるにつれて、書き込み電流が増加する傾向にある。

[0005] 微細化に伴う書き込み電流の増加を抑制することができる書き込み方式として、「スピン注入(spin transfer)方式」が提案されている(例えば、特開2005-93488号公報(対応米国特許US7193284(B2))、“Current-driven excitation of magnetic multilayers”, J. C. Slonczewski, Journal of Magnetism & Ma

gnetic Materials, 159, L1-L7(1996)、を参照)。スピン注入方式によれば、強磁性導体にスピン偏極電流 (spin-polarized current) が注入され、その電流を担う伝導電子のスピンと導体の磁気モーメントとの間の直接相互作用によって磁化が反転する(以下、「スピン注入磁化反転: Spin Transfer Magnetization Switching」と参照される)。

- [0006] 米国特許第6834005号公報には、スピン注入を利用した磁気シフトレジスタが開示されている。この磁気シフトレジスタは、磁性体中の磁壁 (domain wall) を利用して情報を記憶する。多数の領域 (磁区) に分けられた磁性体において、磁壁を通過するように電流が注入され、その電流により磁壁が移動する。各領域の磁化の向きが、記録データとして扱われる。このような磁気シフトレジスタは、例えば、大量のシリアルデータの記録に利用される。尚、磁性体中の磁壁の移動は、“Real-Space Observation of Current-Driven Domain Wall Motion in Submicron Magnetic Wires”, A. Yamaguchi et al., Physical Review Letters, Vol. 92, pp. 077205-1-4(2004)にも報告されている。
- [0007] このようなスピン注入による磁壁移動 (Domain Wall Motion) を利用した「磁壁移動方式のMRAM」が、特開2005-191032号公報、及び“Reduction of Threshold Current Density for Current-Driven Domain Wall Motion using Shape Control”, A. Yamaguchi et al., Japanese Journal of Applied Physics, vol. 45, No. 5A, pp. 3850-3853(2006)に記載されている。
- [0008] 特開2005-191032号公報に記載されたMRAMは、磁化が固定された磁化固定層と、磁化固定層上に積層されたトンネル絶縁層と、トンネル絶縁層に積層された磁化記録層とを備える。磁化記録層には、磁化の向きが反転可能な部分と実質的に変化しない部分も含まれているため、磁化自由層ではなく、磁化記録層と呼ぶことにする。図1は、特開2005-191032号公報の磁化記録層の構造を示す概略平面図である。図1において、磁化記録層100は、直線形状を有している。具体的には、磁化記録層100は、トンネル絶縁層及び磁化固定層と重なる接合部103、接合部103の両端に隣接するくびれ部104、及びくびれ部104に隣接形成された一対の磁化固定領域101、102を有する。一対の磁化固定領域101、102には、互いに反対向き

の固定磁化が付与されている。更に、MRAMは、一对の磁化固定領域101、102に電氣的に接続された一对の書き込み用端子105、106を備える。この書き込み用端子105、106により、磁化記録層100の接合部103、一对のくびれ部104及び一对の磁化固定領域101、102を貫通する電流が流れる。

[0009] 図2は、“Magnetic Configuration of A New Memory Cell Utilizing Domain Wall Motion”, H. Numata et al., Intermag 2006 Digest, H Q-03(2006)に記載された磁気メモリセルの磁気記録層120の構造を示している。磁気記録層110は、U字型の形状を有している。具体的には、磁気記録層120は、第1磁化固定領域121、第2磁化固定領域122、及び磁化反転領域123を有している。磁化反転領域123は、ピン層130とオーバーラップしている。磁化固定領域121、122は、Y方向に延びるように形成されており、その磁化の向きは同じ方向に固定されている。一方、磁化反転領域123は、X方向に延びるように形成されており、反転可能な磁化を有している。従って、磁壁が、第1磁化固定領域121と磁化反転領域123との境界B1、あるいは、第2磁化固定領域122と磁化反転領域123との境界B2に形成される。磁化状態の初期化は、例えば、XY面内で斜め45度方向に十分大きな初期磁界を印加することによりおこなわれ、初期磁界を除いた後に、磁化固定領域の磁化が+Y方向、磁化反転領域の磁化が+X方向を向き、磁壁が境界B1に形成された状態が実現される。

[0010] 磁化固定領域121、122は、電流供給端子125、126のそれぞれに接続されている。これら電流供給端子125、126を用いることにより、磁気記録層120に書き込み電流を流すことが可能である。その書き込み電流の方向に応じて、磁壁は磁化反転領域123中を移動する。この磁壁移動により、磁化反転領域123の磁化方向を制御することができる。

[0011] しかし、電流駆動磁壁移動を利用したMRAMでは、書き込み電流の絶対値が比較的大きくなってしまうことが懸念される。前掲のPhysical Review Letters, Vol. 92, pp. 077205-1-4(2004)のほかにも、電流駆動磁壁移動の観測は数多く報告されている。しかし、磁壁移動には概ね $1 \times 10^8 \text{ A/cm}^2$ 程度の閾値電流密度を要している。この場合、例えば磁壁移動の起こる層の幅を100nm、膜厚を10nmとし

た場合でも書き込み電流は1mAとなる。これ以下に書き込み電流を低減するためには膜厚を薄くすればよいが、この場合には書き込みに要する電流密度は更に上昇してしまうことが知られている(例えば、前掲のJapanese Journal of Applied Physics, vol. 45, No. 5A, pp. 3850–3853(2006)参照)。電流駆動磁壁移動を利用したMRAMにおいて、書き込み電流を低減できる技術が期待される。

[0012] 一方、磁化記録層の磁気異方性が基板面に垂直である垂直磁気異方性材料を用いた素子においては、 10^6 A/cm^2 台の閾値電流密度が観測されている(例えば、“Threshold currents to move domain walls in films with perpendicular anisotropy”, D. Ravelosona et al., Applied Physics Letters, Vol. 90, 072508(2007)参照)。

[0013] 垂直磁気異方性材料を用いた素子に関連して、特開2003–110094号公報(対応米国特許US6844605(B2))に垂直磁化膜を用いた磁気メモリ及びその製造方法が開示されている。この磁気メモリは、垂直磁化膜からなる第1磁性層と非磁性層と垂直磁化膜からなる第2磁性層が積層されてなり、該第2磁性層の反転磁界が、該第1磁性層の反転磁界より小さく、該第1磁性層の磁化方向と該第2磁性層の磁化方向の相対角度によって、該第1磁性層と該第2磁性層間に電流を流した時の抵抗値が異なる磁気抵抗素子と、該磁気抵抗素子の該第1磁性層の磁化方向を反転させるために設けられた磁界発生機構と、を有している。この磁気メモリは、以下の式(1)であらわされる該第1磁性層の反転磁界 H_c が、該磁界発生機構から発生する磁界よりも小さくなるように設定されることを特徴とする。

$$H_c = 2(K_u - 2\pi M_s^2 f) / M_s \dots (1)$$

ここで、 K_u 、 M_s は、各々、第1磁性層11の垂直磁気異方性定数、飽和磁化であり、 f は、第1磁性層11の膜厚を T 、幅と長さを W とすると、 $f = 7 \times 10^{-13} (T/W)^4 - 2 \times 10^{-9} (T/W)^3 + 3 \times 10^{-6} (T/W)^2 - 0.0019 (T/W) + 0.9681$ である。

[0014] また、特開2006–73930号公報に磁壁移動を利用した磁気抵抗効果素子の磁化状態の変化方法及び該方法を用いた磁気メモリ素子、固体磁気メモリが開示されている。この磁気メモリ素子は、第一の磁性層と中間層と第二の磁性層とを有し、情報を第一の磁性層と、第二の磁性層との磁化の方向で記録する。この磁気メモリ素

子は、少なくとも一方の磁性層内に互いに反平行磁化となる磁区とそれらの磁区を隔てる磁壁を定常的に形成し、前記磁壁を磁性層内で移動させることで、隣り合う磁区の位置を制御して情報記録を行うことを特徴とする。前記第二の磁性層は膜面垂直方向に磁気異方性を有していても良い。

- [0015] 既述のように、電流駆動磁壁移動を利用したMRAMでは、書き込み電流の絶対値が比較的大きくなってしまふことが懸念される。従って、発明者は、以下に示すように、電流駆動磁壁移動を利用したMRAMにおいて、磁化記録層として垂直磁気異方性材料を用いることにより、書き込み電流を低減できることを検討した。
- [0016] 図3A及び図3Bは、それぞれ想定しうる垂直磁気異方性材料を用いた磁気抵抗素子の平面図及び断面図である。磁化記録層10は、磁化反転領域13と、一对の磁化固定領域11a、11bとを備える。ただし、図3A及び図3Bにおいて、白丸と点の記号、白丸とバツの記号、白矢印は、それらが記載された磁化反転領域13や磁化固定領域11a、11bの磁化方向を示している。
- [0017] 磁化反転領域13は、トンネル絶縁層32及びピン層30と重なり、フリー層としての機能を有する。磁化固定領域11aは磁化反転領域13の一端に、磁化固定領域11bは磁化反転領域13の他端にそれぞれ隣接されている。磁化反転領域13と磁化固定領域11a、11bとの接合部にはくびれ部15が設けられる。一对の磁化固定領域11a、11bには、互いに反対向きの固定磁化が付与される。また、くびれ部15は磁壁に対するピンポテンシャルとして機能し、磁壁はくびれ部付近の領域12a、又は、領域12bに位置するように初期化される。データの読出しは磁化反転領域13とピン層30との磁化の相対的な向きに依存して、トンネル抵抗が異なることを利用しておこなわれる。磁化反転領域13の磁化が膜面に垂直方向であるので、ピン層30の磁化も膜面に垂直でなければならない(例えば、特開2003-110094号公報、特開2006-73930号公報)。
- [0018] 一方、情報の格納及び読み出しに関しては、一般にMR比ができるだけ大きいことが望ましい。これまで、磁気トンネル接合としては、フリー層、ピン層共に面内の磁化成分を有する構成について、多く報告されている。例えば、フリー層、ピン層としてCoFeBを用い、トンネルバリアとしてMgOを用いた場合、200%以上のMR比が観測さ

れている(“230% room-temperature magnetoresistance in CoFeB/MgO/CoFeB magnetic tunnel junctions”, D. D. Djayaprawira et al., Applied Physics Letters, Vol. 86, 092502(2005)参照)。しかし、図3A及び図3Bのように想定される垂直異方性を有する磁性層を用いた磁気トンネル接合において、このような大きなMR比は観測されていない。そのため、情報の格納及び読み出しを適切に行うことができるか否かについて問題がある。

発明の開示

[0019] 本発明の目的は、磁化記録層の磁気異方性が垂直方向である電流駆動磁壁移動型MRAMにおいて、情報の格納及び読み出しを適切に行うことが可能な構造を有する磁気ランダムアクセスメモリを提供することにある。

[0020] 本発明の磁気ランダムアクセスメモリは、垂直磁気異方性を有する強磁性層である磁化記録層と、磁気記録層上に設けられた情報を読み出すための磁気読出し層とを具備する。磁化記録層は、反転可能な磁化を有する磁化反転領域と、磁化反転領域の第1境界に接続され磁化の向きが第1方向に固定された第1磁化固定領域と、磁化反転領域の第2境界に接続され磁化の向きが第2方向に固定された第2磁化固定領域とを備える。磁気読出し層は、磁化反転領域の磁化の方向に対応して磁化の方向が変化する磁気センス層と、磁気センス層上に設けられた非磁性バリア層と、非磁性バリア層上に設けられたピン層とを備える。

図面の簡単な説明

[0021] この発明の前記及びそれ以外の他の目的と特徴は、添付図面と併せて説明される以降の実施の形態の記載からより明確になるであろう。ただし、当該添付図面において、

[図1]図1は、特開2005-191032号公報の磁化記録層の構造を示す概略平面図である。

[図2]図2は、Intermag 2006 Digest, HQ-03(2006)に記載された磁気メモリの磁気記録層の構造を示している。

[図3A]図3Aは、それぞれ想定しうる垂直磁気異方性材料を用いた磁気抵抗素子の平面図及び断面図である。

[図3B]図3Bは、それぞれ想定しうる垂直磁気異方性材料を用いた磁気抵抗素子の平面図及び断面図である。

[図4A]図4Aは、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の一例を示す平面図である。

[図4B]図4Bは、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の一例を示す断面図である。

[図4C]図4Cは、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の一例を示す断面図である。

[図5]図5は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の変形例を示す断面図である。

[図6]図6は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の他の変形例を示す断面図である。

[図7]図7は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の更に他の変形例を示す断面図である。

[図8]図8は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の更に他の変形例を示す断面図である。

[図9]図9は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の更に他の変形例を示す断面図である。

[図10]図10は、本実施の形態に係る磁気メモリセル(磁気抵抗素子)に対するデータの書き込み原理を示す断面図である。

[図11A]図11Aは、本実施の形態に係る磁気メモリセル(磁気抵抗素子)に対するデータの読出し原理を示す断面図である。

[図11B]図11Bは、本実施の形態に係る磁気メモリセル(磁気抵抗素子)に対するデータの読出し原理を示す断面図である。

[図12A]図12Aは、本実施の形態に係る磁気抵抗素子(磁気メモリセル)の別の構成を示す断面図である。

[図12B]図12Bは、本実施の形態に係る磁気抵抗素子(磁気メモリセル)の別の構成を示す断面図である。

[図13]図13は、本実施の形態に係るMRAMの構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

[0022] 以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態に係るMRAMを説明する。本実施の形態に係るMRAMは垂直磁気異方性を持つ磁性層を用いた磁壁移動方式のMRAMである。

[0023] 1. 磁気メモリセルの構成

図4Aは本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の一例を示す平面図である。図4B及び図4Cは、それぞれ本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の一例を示す断面図である。その磁気抵抗素子2を磁気メモリセルに用いた例について説明する。図4Bは例えば“1”を記憶した場合を示し、図4Cは、例えば、“0”を記憶した場合を示す。ただし、図4B及び図4Cにおいて、白丸とバツの記号や白矢印は、各層における磁化方向を示している(以下同じ)。磁気抵抗素子2は、強磁性体層である磁気記録層10と磁気読出し層50から構成されている。磁気記録層10と磁気読出し層50との間には分離層34が配置されている。磁気記録層10の両端部には電流端子14a、14bが設けられている。磁気読出し層50には電流引き出し用の配線31が接続されている。

[0024] 磁気記録層10は基板面(XY平面)に垂直な方向の異方性を持つ。材料として、Fe、Co、Niのうちから選択される少なくとも一つ以上の材料を含むことが望ましい。さらに、PtやPdを含むことで垂直磁気異方性を安定化させることができる。これに加えて、B、C、N、O、Al、Si、P、Ti、V、Cr、Mn、Cu、Zn、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Smなどを添加することによって所望の磁気特性が発現されるように調整することができる。具体的にはCo、Co-Pt、Co-Pd、Co-Cr、Co-Pt-Cr、Co-Cr-Ta、Co-Cr-B、Co-Cr-Pt-B、Co-Cr-Ta-B、Co-V、Co-Mo、Co-W、Co-Ti、Co-Ru、Co-Rh、Fe-Pt、Fe-Pd、Fe-Co-Pt、Fe-Co-Pd、Sm-Coなどが例示される。この他、Fe、Co、Niのうちから選択される少なくとも一つの材料を含む層が、異なる層と積層されることにより垂直方向の磁気異方性を発現させることもできる。具体的にはCo/Pd、Co/Pt

、Fe/Auの積層膜などが例示される。

[0025] 図4A、図4B及び図4Cに示されるように、本実施の形態に係る磁気記録層10は、第1磁化固定領域11a、第2磁化固定領域11b、及び磁化反転領域13を有している。本実施の形態において、磁化反転領域13と第1磁化固定領域11aとの境界、及び、磁化反転領域13と第2磁化固定領域との境界には、それぞれくびれ部15が形成されている。このくびれ部15は磁壁(domain wall)DWに対して、ピンポテンシャルの役割を果たす。磁化反転領域13と磁化固定領域11a、11bとの境界付近の形状・磁気特性は、この境界がピンポテンシャルの極小になる条件であれば、くびれに限定されない。

[0026] 第1磁化固定領域11aと第2磁化固定領域11bの磁化は、互いに反平行な方向に固定される。尚、「磁化が固定されている」とは、書き込み動作の前後で磁化の方向が変わらないことを意味する。すなわち、書き込み動作中に、これら磁化固定領域の一部の磁化の方向が変化しても、書き込み動作終了後には元に戻り、結果として書き込み動作の前後で磁化の方向が変わらない。

[0027] 一方、磁化反転領域13の磁化の向きは反転可能であり、+Z方向及び-Z方向のいずれかの向きである。図4Bに示されるように、磁化反転領域13の磁化の向きが-Z方向の場合、第1磁化固定領域11aが1つの磁区(magnetic domain)を形成し、磁化反転領域13と第2磁化固定領域11bが別の磁区を形成する。つまり、第1磁化固定領域11aと磁化反転領域13の間に磁壁DWが形成される。一方、図4Cに示されるように、磁化反転領域13の磁化の向きが+Z方向の場合、第1磁化固定領域11aと磁化反転領域13が1つの磁区を形成し、第2磁化固定領域11bが別の磁区を形成する。つまり、第1磁化固定領域11bと磁化反転領域13の間に磁壁DWが形成される。

[0028] 図4B及び図4Cに示されるように、本実施の形態に係る磁気読出し層50は、磁気センス層33、トンネルバリア層32、ピン層30から構成され、磁気トンネル接合を形成している。磁気センス層33及びピン層30は、共に各層の面内に磁気異方性を持つ磁性膜である。すなわち、これらの層の磁気異方性の向きと、磁気記録層10の磁気異方性の向きとは略直角である。磁気センス層33及びピン層30の材料としては、Fe

、Co、Niのうちから選択される少なくとも一つ以上の材料を含むことが望ましい。具体的にはNiFe、CoFe、CoFeBなどがあげられる。ピン層30の磁化の向きは、書込み動作、及び、読出し動作のいずれによっても変化しない。そのため、ピン層30の磁気異方性は磁気センス層33よりも大きいことが望ましい。これは、磁化記録層10とピン層30の材料、組成を変えることにより実現される。また、ピン層30のトンネルバリア層33とは反対側の面にPtMn、IrMn、FeMnなどの反強磁性体層(図示されず)を積層し、磁化をピン止めすることによっても実現される。さらにピン層30を強磁性層、非磁性層、強磁性層からなる積層膜にすることもできる。ここで、非磁性層としてはRu、Cuなどが用いられる、2つの強磁性層の磁化は互いに反平行になる。2つの強磁性層の磁化を等しくすれば、ピン層からの漏洩磁界を抑制することができる。トンネルバリア層32としては、 Al_2O_3 膜やMgO膜等の薄い絶縁膜を用いることができる。

[0029] 磁気読出し層50と磁気記録層10との相対位置は、磁気センス層33の磁化が磁気記録層10の磁壁DW及び磁区からの磁束に応じて、その方向が変化するように配置される。また、磁気センス層33の磁気異方性の方向、及び、ピン層30の磁気異方性の方向は、“0”状態のトンネル抵抗と“1”状態のトンネル抵抗とが異なるように定める必要がある。図4A及び図4Bにおいては、磁気読出し層50は、磁気記録層10の第1磁化固定領域11aと磁化反転領域13との境界付近に配置されている。そして、磁気センス層33の磁化容易軸、及び、ピン層30の磁化容易軸は、磁気記録層10の磁壁DWが移動する方向と垂直な方向に付与されている。磁気センス層33の磁気異方性の起源としては、図4Aに示したような形状異方性(楕円形状)の他に、結晶磁気異方性、歪み誘導異方性などを用いることができる。このとき、磁気記録層10と磁気読出し層50との間の分離層34は、その少なくとも一部としてPtMn、IrMn、FeMnなどの反強磁性体層を用いることができる。それにより、磁気センス層33の磁区の安定化をはかることもできる。

[0030] このように、本発明の磁気抵抗素子(磁気メモリセル)は、磁気記録層10における磁壁DWの位置が変更されることにより、データが書き込まれる。そのとき、磁気読出し層50の状態も磁気記録層10の状態の変化に伴い変更される。そして、その磁気記録層10の状態を反映した磁気読出し層50の状態が検知されることで、データが

読み出される。

- [0031] 図5は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の変形例を示す断面図である。この磁気抵抗素子2aは、分離層34を省略し、磁気記録層10の上に磁気読出し層50を直接形成している。それにより、この磁気抵抗素子2aは、書込み電流が分離34へ分流することがない。従って、書込み電流を低減することが可能になる。
- [0032] 図6は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の他の変形例を示す断面図である。この磁気抵抗素子2bは、磁気センス層33aを磁気記録層10と同時に加工している。ことにより、磁気センス層33aの形状と磁気記録層10の形状とをほぼ等しくすることもできる。この場合、バリア層32より上の磁気読出し層50の加工(成形)において、バリア層32で止める(エッチングのストップとする)ことができる。それにより、エッチングによる磁気読出し層50の成形を高歩留りで行うことができる。
- [0033] 図7は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の更に他の変形例を示す断面図である。この磁気抵抗素子2cは、磁気記録層10と磁気読出し層50との位置関係を、図4B及び図4Cとは上下反対にしている。本変形例においては、磁気読出し層50を加工(成形)し、層間絶縁層を成膜して、CMPによる平坦化プロセスを行った後、磁気記録層10の成膜、及び、加工(成形)を行う。
- [0034] 図8は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の更に他の変形例を示す断面図である。この磁気抵抗素子2dは、磁気記録層10において、第1磁化固定領域11aに重ねて第1磁化固定用磁性層19aを設け、第2磁化固定領域11bに重ねて第2磁化固定用磁性層19bを設けた例である。磁化固定用磁性層19a、19bは、それぞれ磁化固定領域11a、11bの磁化を固定する役割、及び、スピン偏極電流源としての役割を果たす。第1磁化固定用磁性層19aと第2磁化固定用磁性層19bの保磁力を変えることにより、ヒステリシスを利用して磁化固定領域11aと磁化固定領域11bの磁化を互いに反平行にすることができる。
- [0035] 図9は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子の構成の更に他の変形例を示す断面図である。この磁気抵抗素子2eは、2つの磁気読出し層50a、50b設けている。磁気読出し層50a、50bは、それぞれ第1磁化固定領域11aと磁化反転領域13との境界、及び、第2磁化固定領域11bと磁化反転領域13との境界に設けられている。読み

出し動作時に、2つの磁気読出し層50a、50bの各々からの信号は磁壁DWの有無により異なるので、両信号の差動出力をとることにより、読み出し信号の信号品質を高めることができる。

[0036] 2. 書込み動作

次に、磁気抵抗素子(磁気メモリセル)に対するデータの書込み原理を説明する。なお、他の磁気抵抗素子2a~2eの書込み原理も同様である。

[0037] 図10は、本実施の形態に係る磁気抵抗素子(磁気メモリセル)に対するデータの書込み原理を示す断面図である。データ書き込みは、スピン注入を利用した磁壁移動方式で行われる。書き込み電流 I_w は、MTJを貫通する方向ではなく、磁気記録層10内を平面的に流れる。その書き込み電流 I_w は、上記電流供給端子14a、14bから磁気記録層10に供給される。図10における左側の図("0" state)に示されるように、データ"0"状態において、磁化反転領域13の磁化の向きは-Z方向である。磁壁DWは、磁化反転領域13と第2磁化固定領域11bとの境界に存在する。一方、図10における右側の図("1" state)に示されるように、データ"1"状態において、磁化反転領域13の磁化の向きは+Z方向である。磁壁DWは、磁化反転領域13と第1磁化固定領域11aとの境界に存在する。

[0038] データ"1"の書き込み動作時、第1書き込み電流 I_{w1} が、電流供給端子14aから供給され、第1磁化固定領域11aから磁化反転領域13を通過して第2磁化固定領域11bに流れ、電流供給端子14bから送出される(図10における中央上側の図)。この場合、磁化反転領域13には、第2磁化固定領域11bからスピン電子が注入される。注入された電子のスピンは、磁化反転領域13と第2磁化固定領域11bとの境界にある磁壁DWを第1磁化固定領域11aの方向に駆動する。その結果、磁化反転領域13の磁化の向きは、+Z方向へスイッチする。つまり、スピントランスファー効果により、磁化反転領域13の磁化が反転し、その磁化の向きが+Z方向に変わる。そして、磁壁DWは、磁化反転領域13と第1磁化固定領域11aとの境界に移動する(図10における右側の図)。第1磁化固定領域11aの磁化は+Z方向、磁化反転領域13の磁化は-Z方向になる。このとき、磁気センス層33には磁化反転領域13から磁化固定領域11aに向かって+X方向の磁界がかかり、磁気センス層33の磁化は+X方向を向く。

[0039] 一方、データ“0”の書き込み動作時、第2書き込み電流 I_{w2} が、電流供給端子14bから供給され、第2磁化固定領域11bから磁化反転領域13を通過して第1磁化固定領域11aに流れ、電流供給端子14aから送出される(図10における中央下側の図)。この場合、磁化反転領域13には、第1磁化固定領域11aからスピン電子が注入される。注入された電子のスピンは、磁化反転領域13と第1磁化固定領域11aとの境界にある磁壁DWを第2磁化固定領域11bの方向に駆動する。その結果、磁化反転領域13の磁化の向きは、 $-Z$ 方向へスイッチする。つまり、スピントランスファー効果により、磁化反転領域13の磁化が反転し、その磁化の向きが $-Z$ 方向に変わる。そして、磁壁DWは、磁化反転領域13と第2磁化固定領域11bとの境界に移動する(図10における左側の図)。磁気センス層33付近では、磁気記録層10には磁壁DWはなく、その磁化は $+Z$ 方向を向いている。ピン層30の磁化は $+Y$ 方向に固定され、磁気センス層33の磁気異方性も同様に $+Y$ 方向である。この場合、磁気センス層33は、磁気記録層10の磁化の影響よりも形状磁気異方性により、 $+Y$ 方向に向く。

[0040] このように、磁気記録層10内を平面的に流れる書き込み電流 I_{w1} 、 I_{w2} によって、磁化反転領域13の磁化の方向がスイッチする。第1磁化固定領域11a及び第2磁化固定領域11bは、異なるスピンを有する電子の供給源の役割を果たしている。

[0041] この場合、磁気記録層10は、垂直磁気異方性材料により形成されている。そのため、書き込み電流 I_{w1} 、 I_{w2} に対して磁気記録層10の各領域の磁化方向は垂直である。従って、書き込み電流 I_{w1} 、 I_{w2} の大きさを著しく低減することができる。

また、ピン層30の磁界と磁気センス層33の磁気異方性と磁気記録層10の磁壁の位置との関係で書き込み動作が行われるので、誤書き込みが起こり難く、熱擾乱にも強いようにデータを書き込むことが可能となる。

[0042] 3. 読出し動作

次に、磁気抵抗素子(磁気メモリセル)に対するデータの読出し原理を説明する。なお、他の磁気抵抗素子2a~2eの読出し原理も同様である。

[0043] 図11A及び図11Bは、本実施の形態に係る磁気抵抗素子(磁気メモリセル)に対するデータの読出し原理を示す断面図である。データの読出しにおいては、読出し電流 I_R が磁気読出し層50に供給される。すなわち、読出し電流 I_R は配線層31からピ

ン層30、バリア層20、磁気センス層33、分離層34、第1磁化固定領域11aを經由して、電流供給端子14aに流れる。

[0044] 図11Aを参照して、データ“0”が記憶されている(図10における左側の図を参照)場合、ピン層30の磁化は+Y方向に固定されている。磁気センス層33の磁気異方性も同様に+Y方向である。このデータ“0”状態において、磁気センス層33付近では、磁気記録層10には磁壁DWはなく、その磁化は-Z方向を向いている。このとき、磁気センス層33にかかる磁界も-Z方向である。磁気センス層33は±Z方向には反磁界のため向きにくいいため、磁気記録層10からの磁界によりほとんど磁化の方向を変えず、磁化容易軸方向を向く。このとき、磁気センス層33とピン層30の磁化の相対角は平行となり、磁気読出し層50のトンネル抵抗は低抵抗状態になる。この低抵抗を検出することで、データ“0”を読み出すことができる。

[0045] 図11Bを参照して、データ“1”が記憶されている(図10における右側の図を参照)状態において、磁気センス層33付近では、磁気記録層10には磁壁DWが形成される。すなわち、第1磁化固定領域11aの磁化は-Z方向、磁化反転領域13の磁化は+Z方向になる。このとき、磁気センス層33には磁化反転領域13から磁化固定領域11aに向かって-X方向の磁界がかかり、磁気センス層33の磁化は-X方向を向く。このとき、磁気センス層33とピン層30の磁化の相対角は約90度となり、磁気読出し層50の抵抗は中抵抗状態になる。ここで、中抵抗状態とは抵抗変化が磁気読出し層50の最大抵抗変化の約半分であることを示している。この中抵抗を検出することで、データ“1”を読み出すことができる。

[0046] このように、本実施の形態における磁気抵抗素子では、通常のMRAMと同じ低抵抗状態と、通常のMRAMの最大抵抗状態の約半分程度の中抵抗状態との二つの状態を用いて、データを格納することができる。これにより、図3A及び図3Bの場合と比較して、MR比の大きさを十分大きく、通常のMRAM程度にすることができる。したがって、そのMR比により読み出し電流の大きさを十分に大きくとることが可能となる。

[0047] 磁気センス層33、及び、ピン層30の磁気異方性の方向は図10、図11A、図11Bに示した方向以外であっても良い。図12A及び図12Bは、本実施の形態に係る磁気

抵抗素子(磁気メモリセル)の別の構成を示す断面図である。図12Aでは、ピン層30の磁化固定方向を-X方向、磁気センス層33の磁気異方性を+X方向とした場合の“0”状態を示している。図12Bでは、ピン層30の磁化固定方向を-X方向、磁気センス層33の磁気異方性を-X方向とした場合の“1”状態を示している。ここで、磁気センス層33には+X方向にバイアス磁界を印加されており、磁気記録層10の磁壁DW近傍からの磁界がない場合、その磁化は+X方向を向いているとする。このバイアス磁界はピン層30端面からの漏洩磁界を利用してもよいし、別にバイアス磁界印加用の磁性層を磁気読出し層50の内部に設けても良い。図12A及び図12Bでは“0”状態は高抵抗状態、“1”状態は低抵抗状態に対応し、読出し信号として最大抵抗変化を利用できるという特徴がある。

[0048] この場合の磁気抵抗素子では、通常のMRAMと同じ低抵抗状態と、通常のMRAMの最大抵抗状態との二つの状態を用いて、データを格納することができる。これにより、図3A及び図3Bの場合と比較して、MR比の大きさを更に十分大きくし、通常のMRAM程度にすることができる。したがって、そのMR比により読み出し電流の大きさを更に十分に大きくとることが可能となる。

[0049] 4. MRAMの構成

図13は、本実施の形態に係るMRAMの構成の一例を示すブロック図である。図13において、MRAM60は、複数の磁気メモリセル1がマトリクス状に配置されたメモリセルアレイ61を有している。このメモリセルアレイ61は、データの記録に用いられる磁気メモリセル1と共に、データ読み出しの際に参照されるリファレンスセル1rを含んでいる。リファレンスセル1rの構造は、磁気メモリセル1と同じである。

[0050] 各磁気メモリセル1は、図4A～図12Bに示された磁気抵抗素子2(2a～2eを含む)に加え、選択トランジスタTR1、TR2を有している。選択トランジスタTR1のソース/ドレインの一方は、第1磁化固定領域11aの電流供給端子14aに接続され、他方は第1ビット線BL1に接続されている。選択トランジスタTR2のソース/ドレインの一方は、第2磁化固定領域11bの電流供給端子14bに接続され、他方は第2ビット線BL2に接続されている。選択トランジスタTR1、TR2のゲートはワード線WLに接続されている。磁気メモリセル1のピン層30は、電流引き出し用の配線31を介して図のように

グラウンド線Gに接続されている。

- [0051] ワード線WLは、Xセクタ62に接続されている。Xセクタ62は、データの書込み動作時、及び読出し動作時において、対象メモリセル1sにつながるワード線WLを選択ワード線WLsとして選択する。第1ビット線BL1はY側電流終端回路64に接続されており、第2ビット線BL2はYセクタ63に接続されている。Yセクタ63は、対象メモリセル1sにつながる第2ビット線BL2を選択第2ビット線BL2sとして選択する。Y側電流終端回路64は、対象メモリセル1sにつながる第1ビット線BL1を選択第1ビット線BL1sとして選択する。
- [0052] Y側電流源回路65は、データ書込み動作時、選択第2ビット線BL2sに対し、所定の書き込み電流 (I_{w1} , I_{w2}) の供給又は引き込みを行う。Y側電源回路66は、データ書き込み動作時、Y側電流終端回路64に所定の電圧を供給する。その結果、書き込み電流 (I_{w1} , I_{w2}) は、Yセクタ63へ流れ込む、あるいは、Yセクタ63から流れ出す。これらXセクタ62、Yセクタ63、Y側電流終端回路64、Y側電流源回路65、及びY側電源回路66は、磁気メモリセル1に書き込み電流 I_{w1} , I_{w2} を供給するための「書き込み電流供給回路」を構成している。
- [0053] データ読み出し動作時、第1ビット線BL1は“Open”に設定される。読み出し電流負荷回路67は、選択第2ビット線BL2sに所定の読み出し電流を流す。また、読み出し電流負荷回路67は、リファレンスセル1rにつながるリファレンス第2ビット線BL2rに所定の電流を流す。センスアンプ68は、リファレンス第2ビット線BL2rの電位と選択第2ビット線BL2sの電位の差に基づいて、対象メモリセル1sからデータを読み出し、そのデータを出力する。
- [0054] 本発明では、磁気読出し層が、磁気記録層とは独立に磁気トンネル結合を有している。そして、書込み動作により磁気記録層の状態を変化させると、磁気読出し層は、磁気記録層に近接して設けられているので、その変化の影響を受ける。その結果、磁気読出し層の磁気トンネル結合の状態も変化する。従って、その磁気トンネル結合の状態を検知することで、データを読み出すことができる。この場合、書込み電流の大きさを左右するのは、磁気記録層が垂直磁気異方性を有しているか否かである。本発明では、磁気記録層は垂直磁気異方性を有しているので、書き込み電流

の大きさを著しく低減することができる。一方、出力信号の大きさを左右するのは、磁気トンネル結合のMR比の大きさである。本発明では、磁気トンネル結合が垂直磁気異方性を有するように構成する必要がない。そのため、磁気トンネル結合をMR比の大きい磁気トンネル結合にすることができるので、出力信号を大きくすることが可能となる。それにより、本発明では、磁化記録層の磁気異方性が垂直方向である電流駆動磁壁移動型MRAMにおいて、信号出力を大きくして情報の格納及び読み出しを適切に行うことが可能となる。

[0055] 以上、実施形態を本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明の範囲内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。

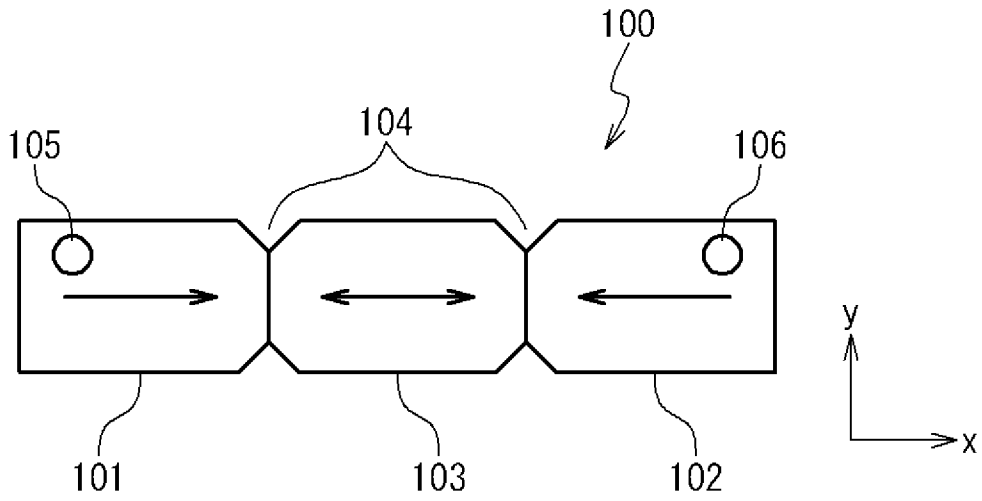
[0056] この出願は、2007年8月3日に提出された特許出願番号2007-202943号の日本特許出願に基づいており、その出願による優先権の利益を主張し、その出願の開示は、引用することにより、そっくりそのままここに組み込まれている。

請求の範囲

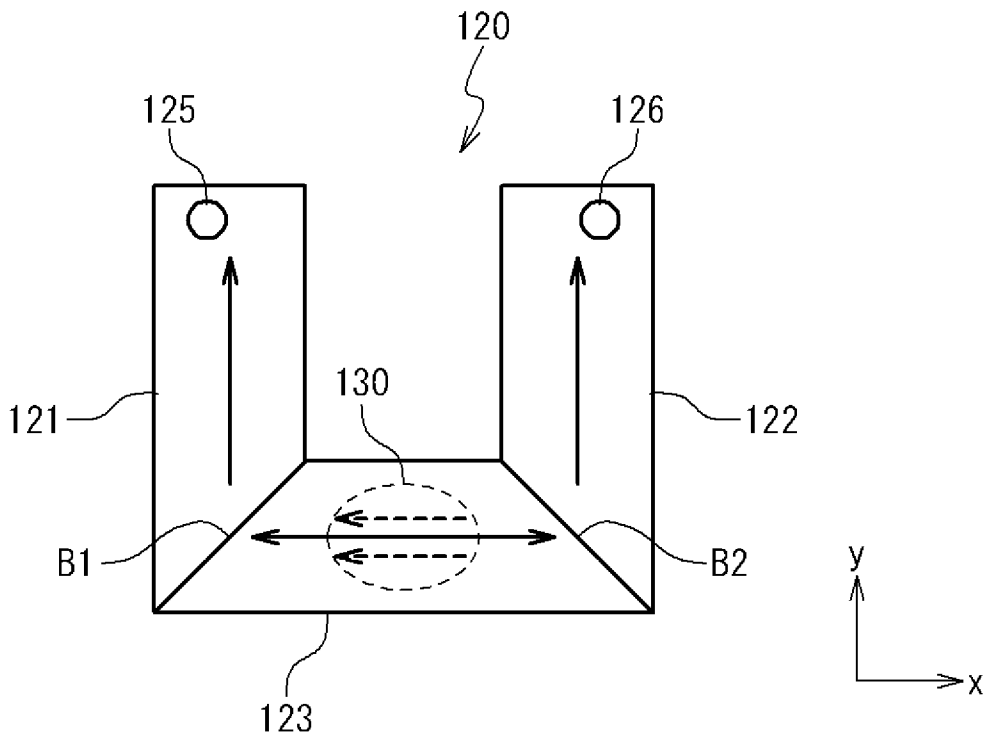
- [1] 垂直磁気異方性を有する強磁性層である磁化記録層と、
前記磁気記録層上に設けられた情報を読み出すための磁気読出し層と
を具備し、
前記磁化記録層は、
反転可能な磁化を有する磁化反転領域と、
前記磁化反転領域の第1境界に接続され、磁化の向きが第1方向に固定された
第1磁化固定領域と、
前記磁化反転領域の第2境界に接続され、磁化の向きが第2方向に固定された
第2磁化固定領域と
を備え、
前記磁気読出し層は、
前記磁化反転領域の磁化の方向に対応して磁化の方向が変化する磁気センス
層と、
前記磁気センス層上に設けられた非磁性バリア層と、
前記非磁性バリア層上に設けられたピン層と
を備える
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [2] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁気センス層の磁気異方性は、面内である
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [3] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁気読出し層が、前記第1境界付近、前記第2境界付近、及び、前記第1境
界付近及び前記第2境界付近の両方、のいずれかの位置に設けられている
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [4] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記ピン層の磁化固定方向は、面内、かつ、前記磁気記録層に印加する書込み
電流方向と直交している

- 磁気ランダムアクセスメモリ。
- [5] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記ピン層の磁化固定方向は、面内、かつ、前記磁気記録層に印加する書込み電流方向と平行であることを特徴とする磁気ランダムアクセスメモリ。
- [6] 請求の範囲5に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁気センス層の磁気異方性は、面内、かつ、前記磁気記録層に印加する書込み電流方向と平行又は直交である
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [7] 請求の範囲6に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁気センス層にはバイアス磁界が印加されている
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [8] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁化記録層と前記磁気読出し層との間に設けられた非強磁性金属を更に具備する
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [9] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁化記録層と前記磁気センス層とが直接接する
磁気ランダムアクセスメモリ。
- [10] 請求の範囲1に記載の磁気ランダムアクセスメモリであって、
前記磁化記録層は、
前記第1磁化固定領域に接して設けられ、磁化の向きが第1方向に固定された第1磁化固定用磁性層と、
前記第2磁化固定領域に接して設けられ、磁化の向きが第2方向に固定された第2磁化固定用磁性層と
を更に備える
磁気ランダムアクセスメモリ。

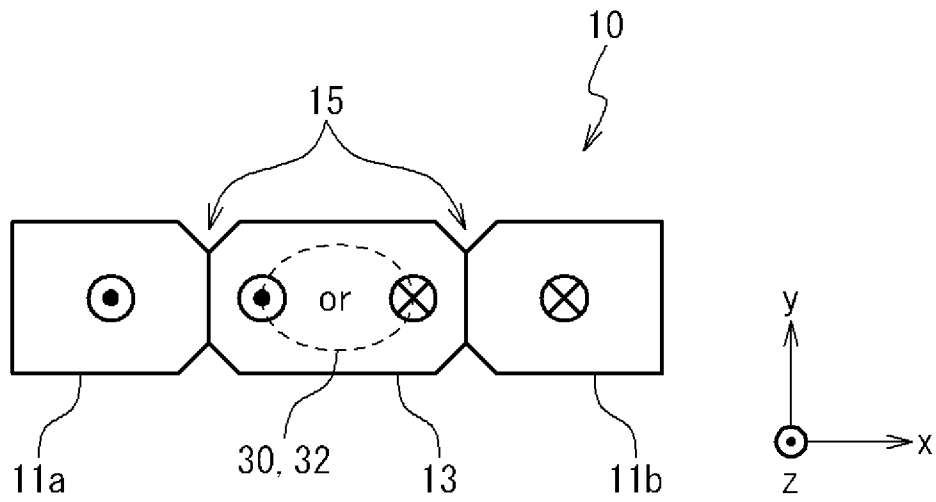
[図1]



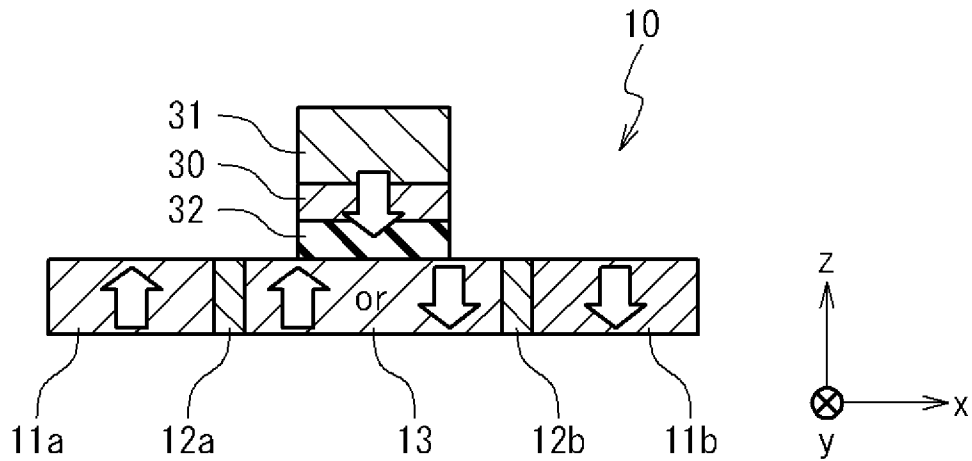
[図2]



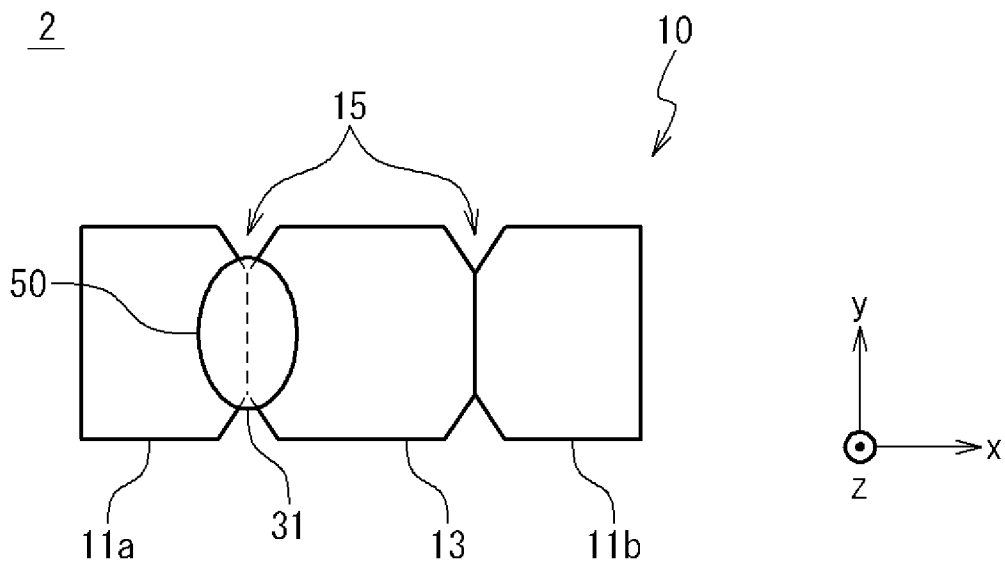
[図3A]



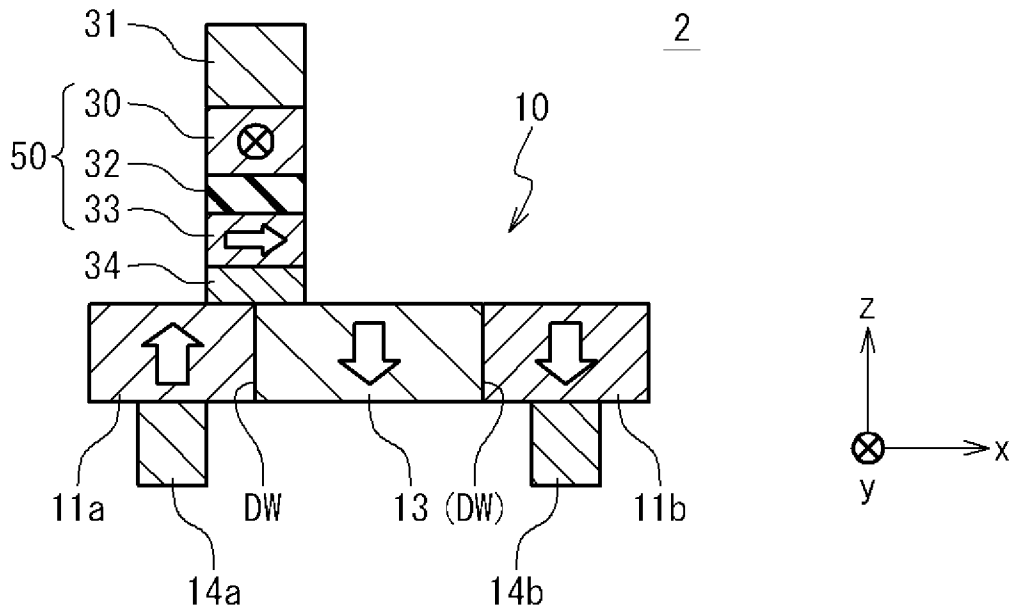
[図3B]



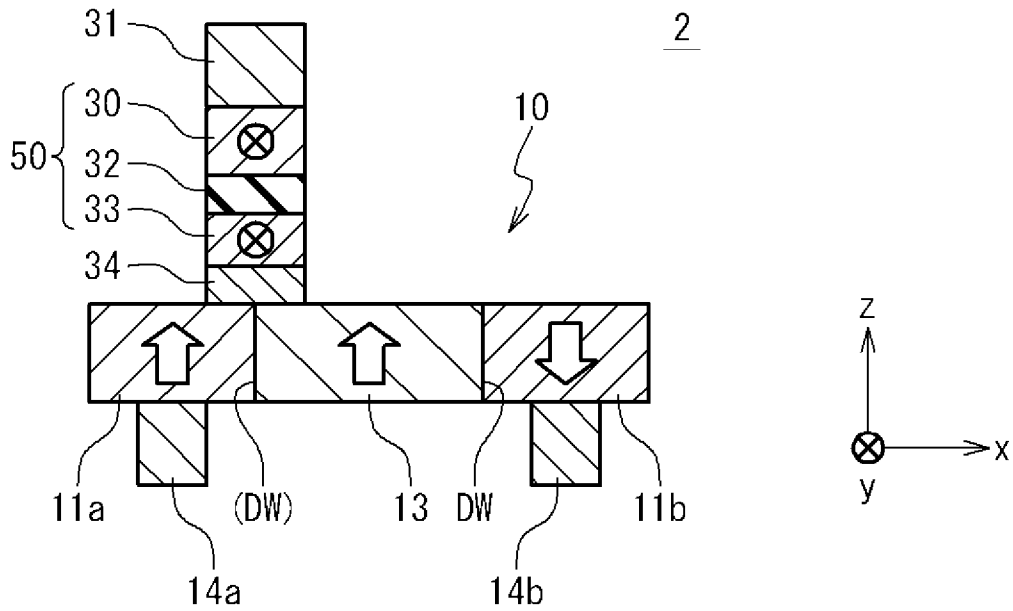
[図4A]



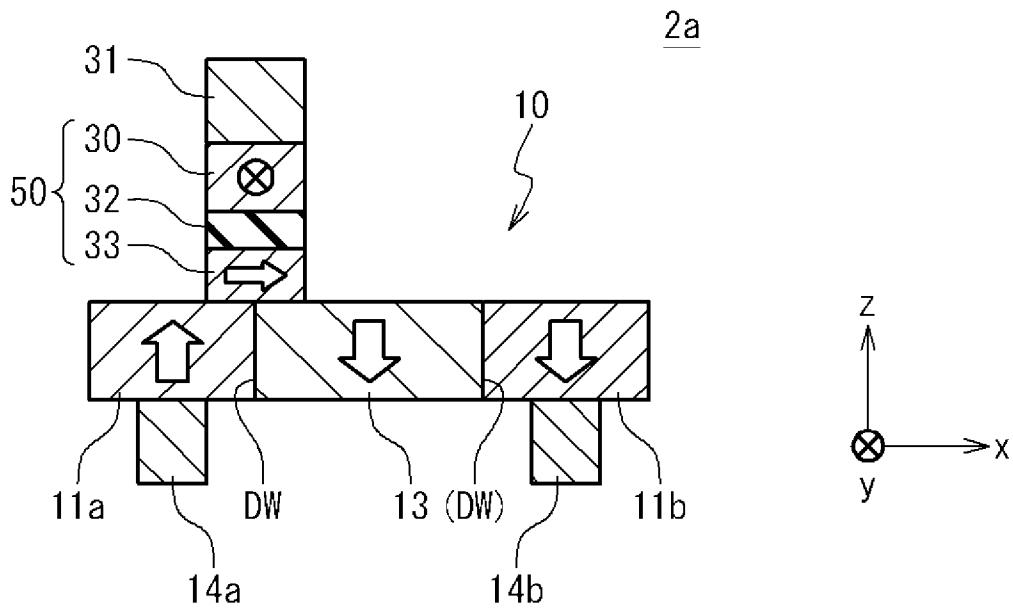
[図4B]



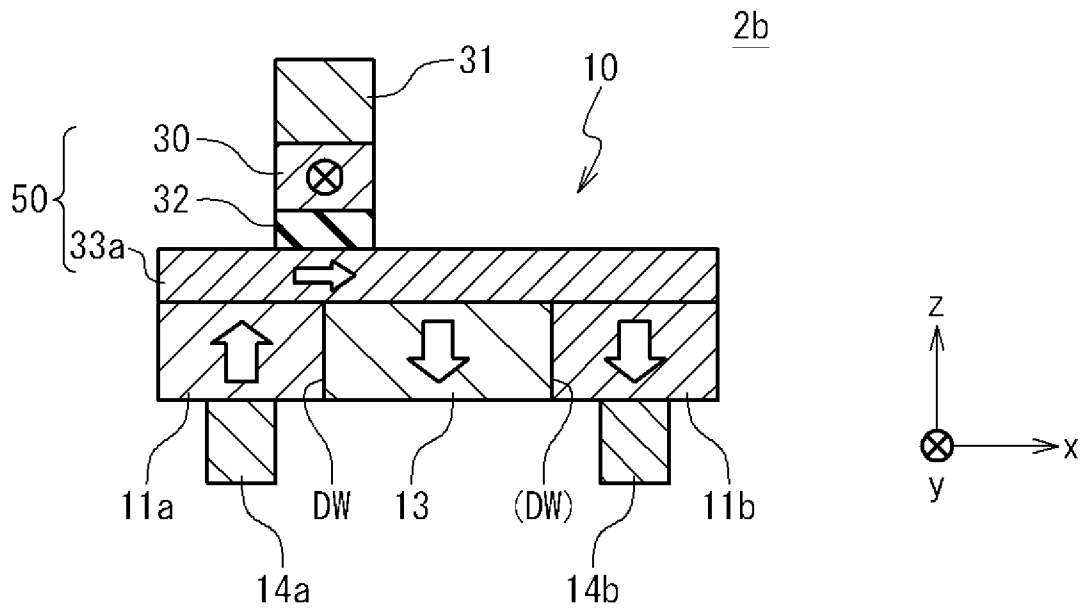
[図4C]



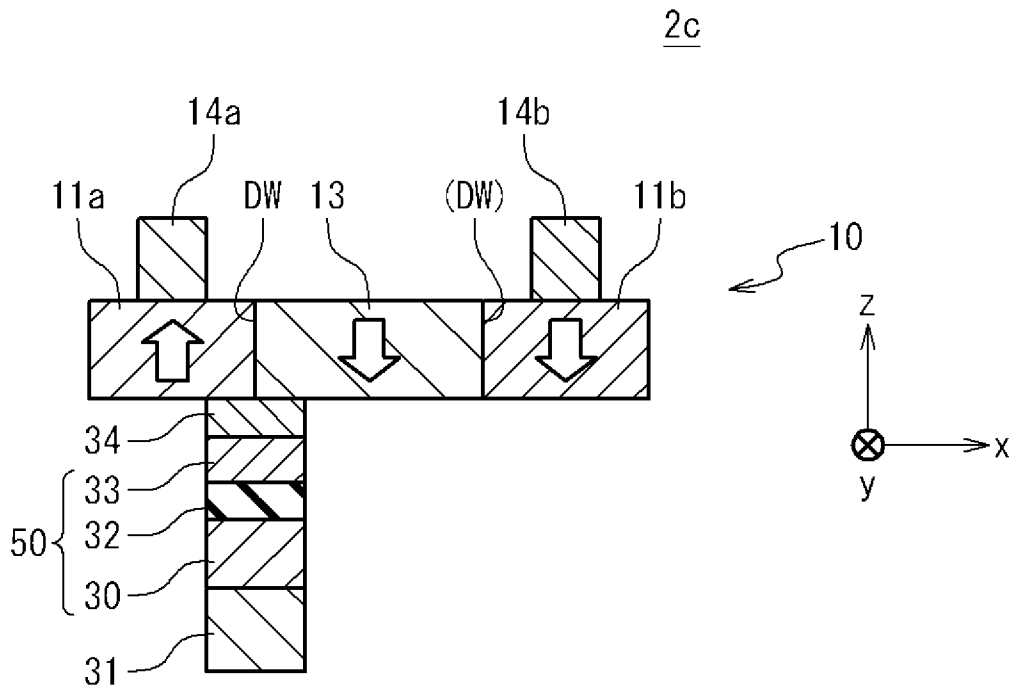
[図5]



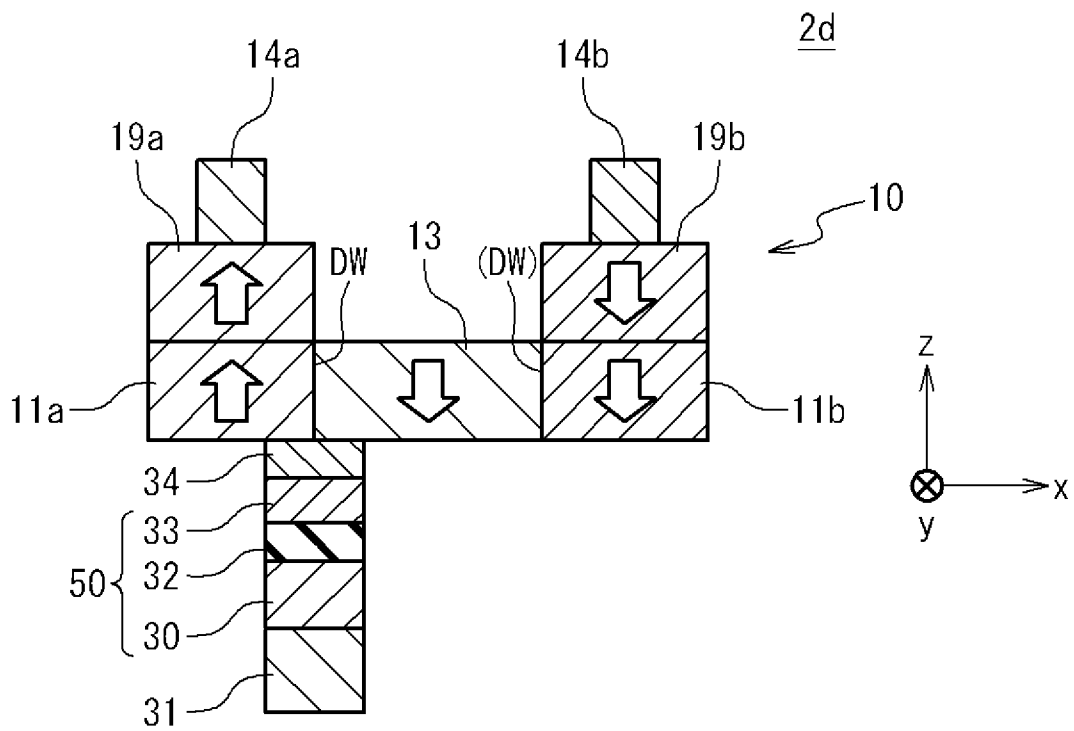
[図6]



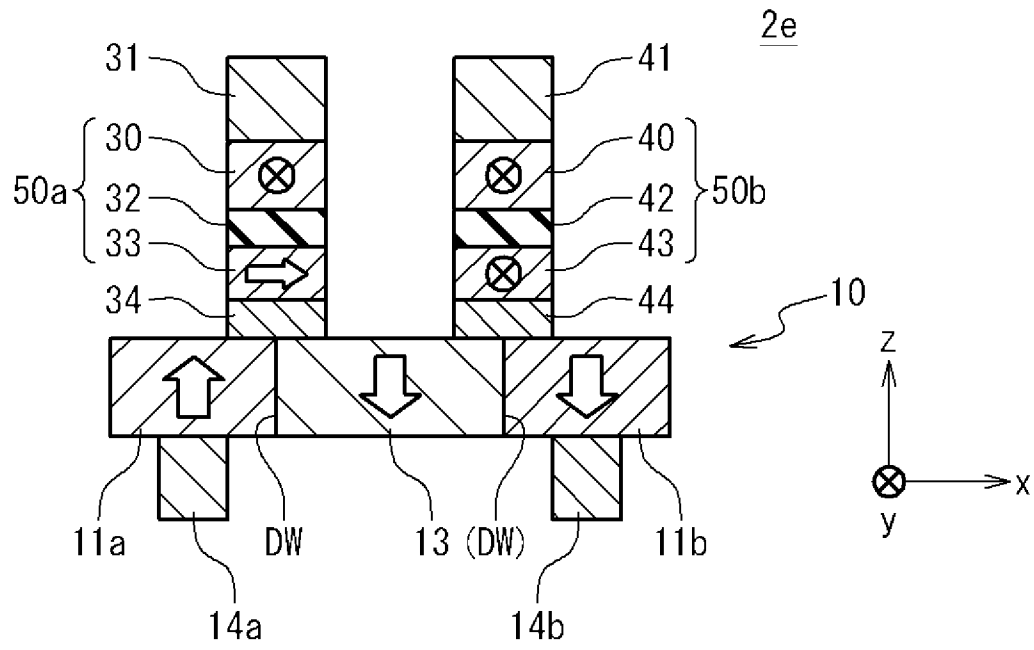
[図7]



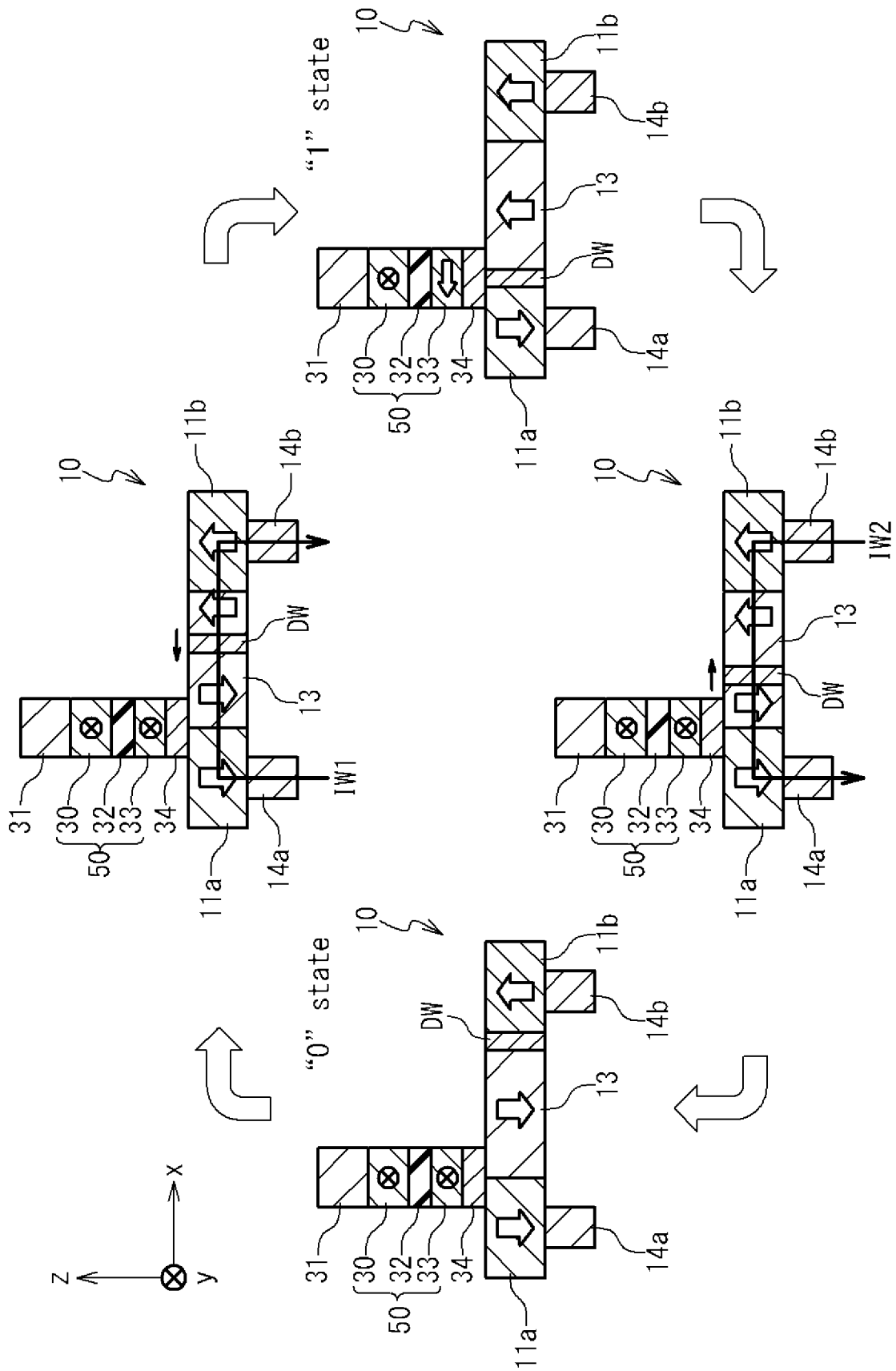
[図8]



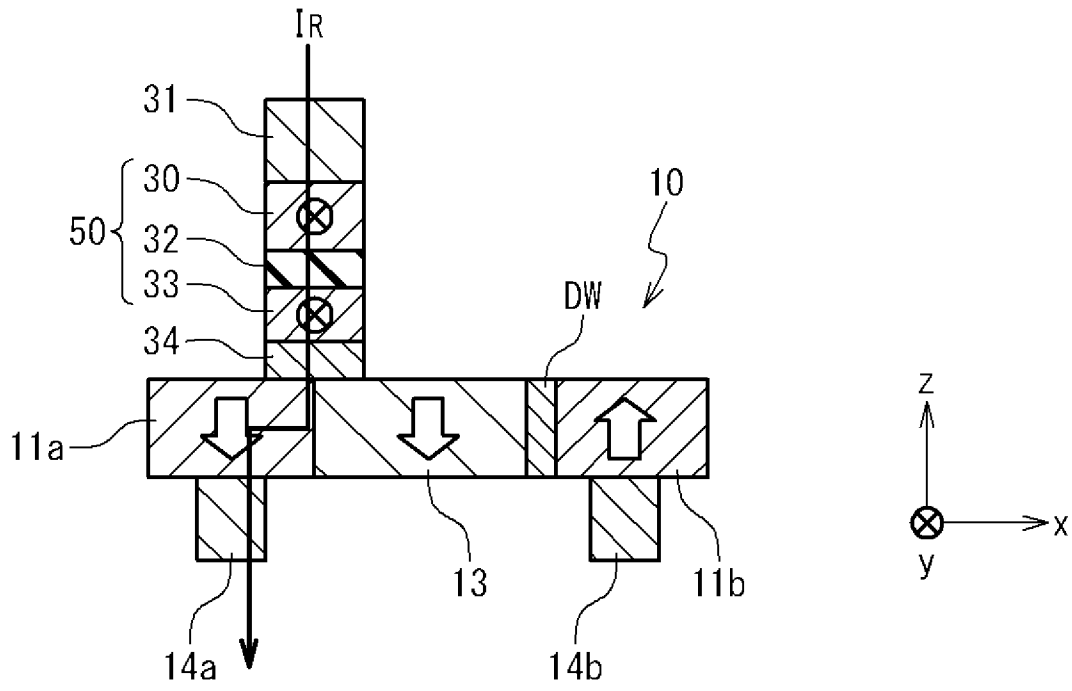
[図9]



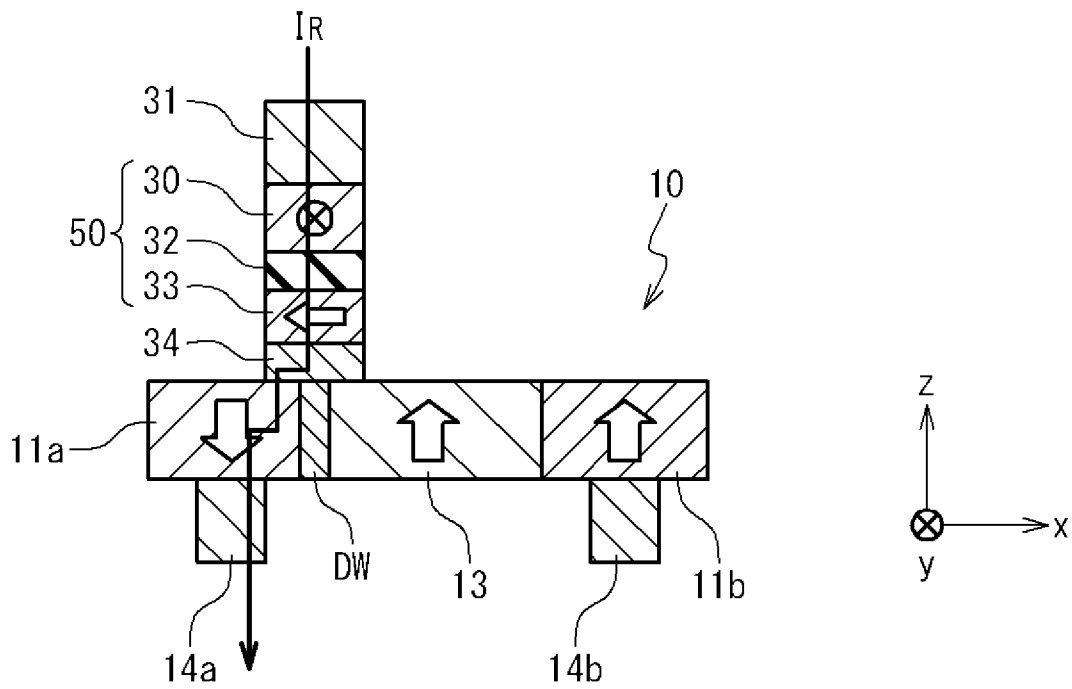
[図10]



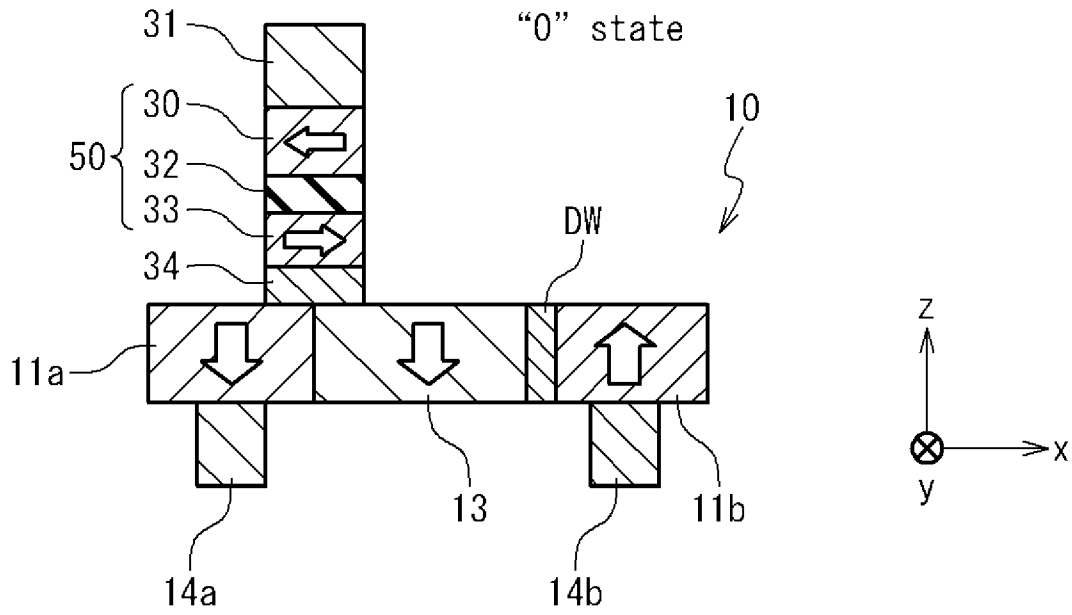
[図11A]



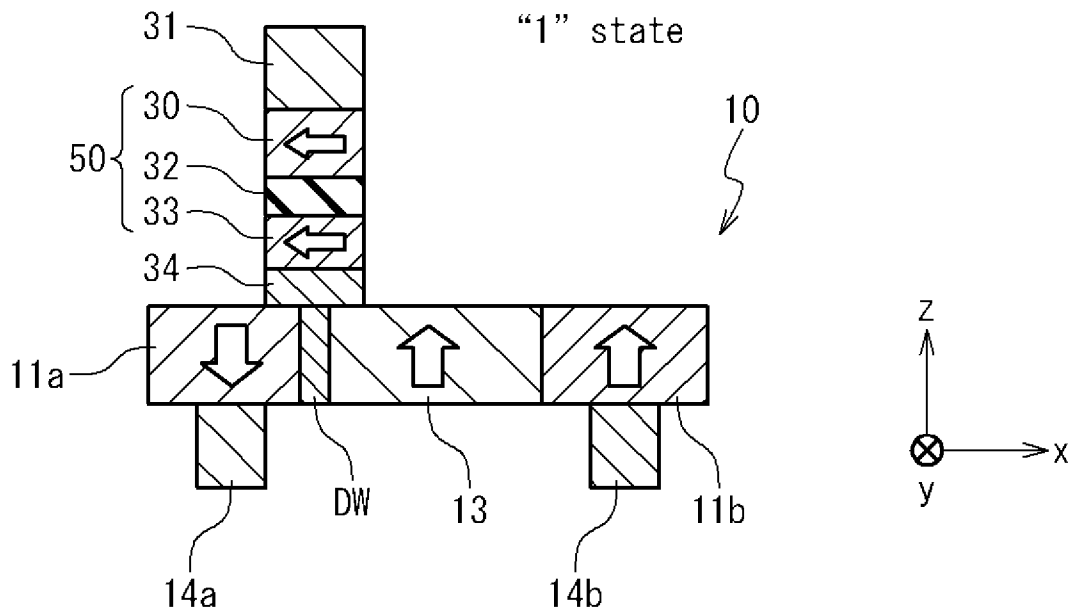
[図11B]



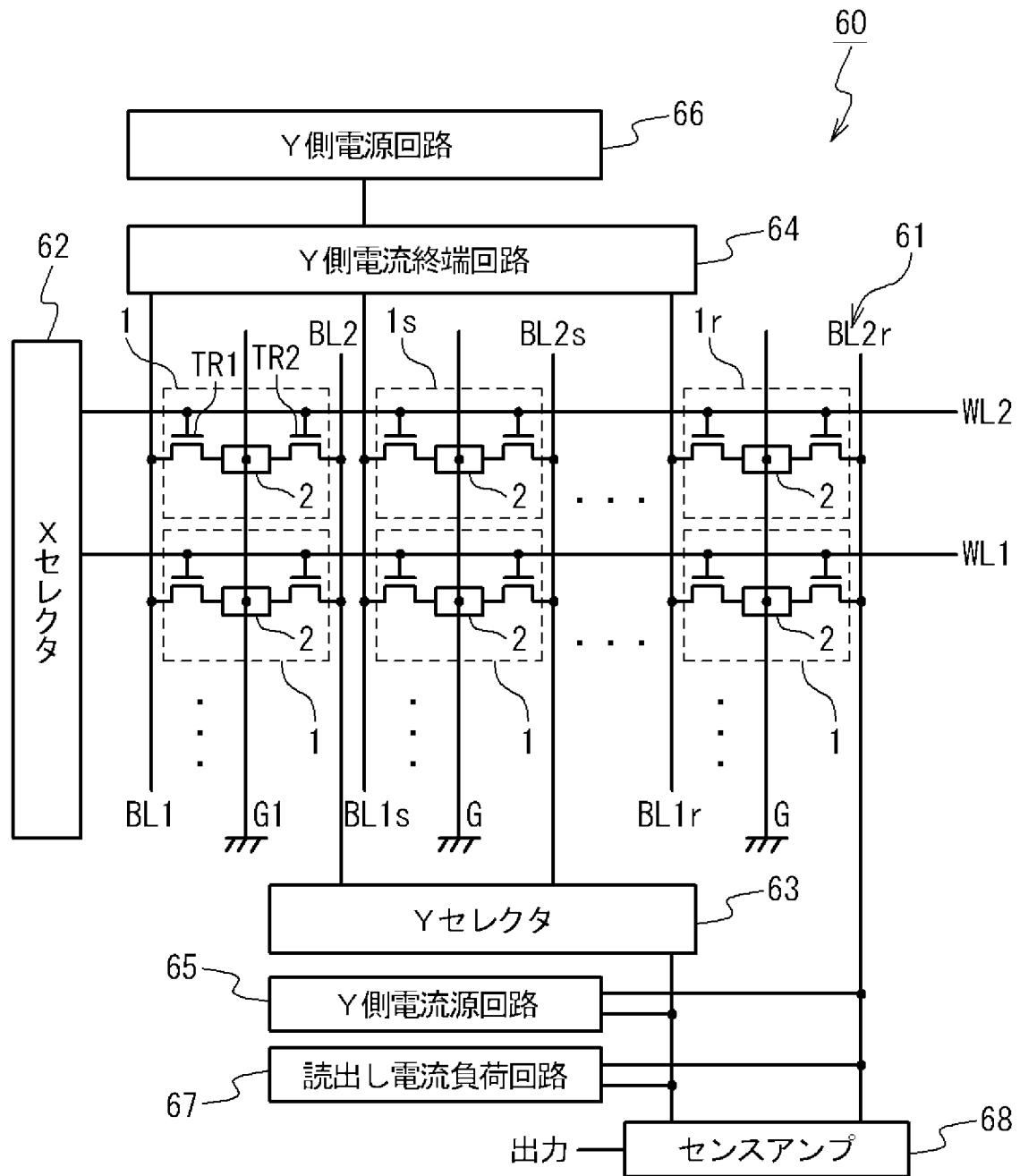
[図12A]



[図12B]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2008/062277

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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	JP 2006-073930 A (Canon Inc.), 16 March, 2006 (16.03.06), Full text (Family: none)	1-10
A	JP 2003-110094 A (Canon Inc.), 11 April, 2003 (11.04.03), Full text & US 2003/0081467 A1	1-10
A	JP 2004-179183 A (Toshiba Corp.), 24 June, 2004 (24.06.04), Full text & US 2004/0100855 A1 & CN 001503229 A	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 29 September, 2008 (29.09.08)	Date of mailing of the international search report 07 October, 2008 (07.10.08)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/062277

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 2006-093578 A (Hitachi, Ltd.), 06 April, 2006 (06.04.06), Full text & US 2006/0067116 A1	1-10
E,A	JP 2007-317895 A (Fujitsu Ltd.), 06 December, 2007 (06.12.07), Full text (Family: none)	1-10
E,A	JP 2007-258460 A (NEC Corp.), 04 October, 2007 (04.10.07), Full text (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

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 (IPC))

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2008年
日本国実用新案登録公報	1996-2008年
日本国登録実用新案公報	1994-2008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 請求の範囲の番号
A	JP 2006-073930 A (キャノン株式会社) 2006. 03. 16, 全文 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2003-110094 A (キャノン株式会社) 2003. 04. 11, 全文 & US 2003/0081467 A1	1-10
A	JP 2004-179183 A (株式会社東芝) 2004. 06. 24, 全文 & US 2004/0100855 A1 & CN 001503229 A	1-10

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、一般的な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
29. 09. 2008

国際調査報告の発送日
07. 10. 2008

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)	4M	3840
小川 将之		
電話番号 03-3581-1101 内線 3462		

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 請求の範囲の番号
A	JP 2006-093578 A (株式会社日立製作所) 2006. 04. 06, 全文 & US 2006/0067116 A1	1-10
EA	JP 2007-317895 A (富士通株式会社) 2007. 12. 06, 全文 (ファミリーなし)	1-10
EA	JP 2007-258460 A (日本電気株式会社) 2007. 10. 04, 全文 (ファミリーなし)	1-10