

(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
2010年11月11日(11.11.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/128615 A1

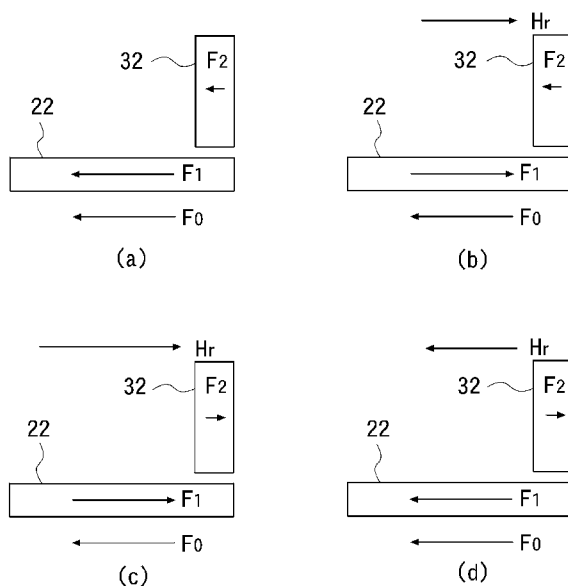
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/8246 (2006.01) H01L 27/105 (2006.01)
G11C 11/15 (2006.01) H01L 43/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/056650
- (22) 国際出願日: 2010年4月14日(14.04.2010)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2009-114010 2009年5月8日(08.05.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社アルバック (ULVAC, INC.) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 菊地 幸男 (KIKUCHI, Yukio) [JP/JP]; 〒2538543 神奈川県茅ヶ崎市萩園2500 株式会社アルバック内 Kanagawa (JP). 今北 健一 (IMAKITA, Kenichi) [JP/JP]; 〒2891226 千葉県山武市横田523 株式会社アルバック千葉超材料研究所内 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 石島 茂男, 外 (ISHIJIMA, Shigeo et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2-18 虎ノ門興業ビル3階 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, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, 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, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: STORAGE ELEMENT AND STORAGE METHOD

(54) 発明の名称: 記憶素子及び記憶方法

[図4]



(57) Abstract: Disclosed are a storage element having a large storage capacity, and a storage method. The storage element is configured such that first and second magnetoresistive elements are connected in parallel. The first and the second magnetoresistive elements have a common fixed layer, first and second free layers (22, 32) having coercive forces smaller than the coercive force of the fixed layer, and a common insulating layer sandwiched between the fixed layer and the free layers. Each of the first and the second free layers (22, 32) has a shape having a longitudinal direction length and a width direction length shorter than the longitudinal direction length, and the free layers are disposed such that the straight lines extending in the respective longitudinal directions are perpendicular to each other. The magnetization directions (F₁, F₂) of the first and the second free layers (22, 32) are parallel to the longitudinal direction of the first free layer (22). The coercive force of the first free layer (22) which is magnetized in the longitudinal direction is smaller than that of the second free layer (32) magnetized in the width direction. Therefore, ternary or quaternary storage is made possible by inverting the magnetization direction (F₁) of the first free layer without changing the magnetization direction (F₂) of the second free layer (32).

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

記憶容量の高い記憶素子及び記憶方法を提供する。本発明の記憶素子は第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続されて構成される。第一、第二の磁気抵抗素子は共通の固定層と、固定層より保磁力の小さい第一、第二の自由層 2 2、3 2 と、固定層と自由層に挟まれた共通の絶縁層を有する。第一、第二の自由層 2 2、3 2 は長手方向と、長手方向より長さの短い幅方向を有する形状をしており、互いの長手方向に沿って延びる直線が直角になるように配置されている。固定層の磁化方向 F_0 と第一、第二の自由層 2 2、3 2 の磁化方向 F_1 、 F_2 は、第一の自由層 2 2 の長手方向と平行な方向にされている。長手方向に磁化された第一の自由層 2 2 の保磁力は、幅方向に磁化された第二の自由層 3 2 の保磁力より小さい。従って、第二の自由層 3 2 の磁化方向 F_2 を変えずに、第一の自由層の磁化方向 F_1 を反転させることで、3 値又は 4 値の記憶が可能になっている。

明 細 書

発明の名称： 記憶素子及び記憶方法

技術分野

[0001] 本発明は、記憶素子及び記憶方法に関する。

背景技術

[0002] 現在、トンネル磁気抵抗（TMR：Tunneling Magnetoresistive）効果を発現する磁性多層膜を用いた記憶素子（トンネル磁気抵抗素子）は、MRAM等の不揮発性メモリー等に応用されている。

トンネル磁気抵抗素子の多層膜は、二層の磁性層と、その間に挟まれる絶縁層を有している。絶縁層はアルミナあるいはMgOなどの材料が使用される。

[0003] 絶縁層の膜厚は薄く、記憶素子として動作させるために多層膜面上に垂直にセンス電流を流すと、トンネル効果により、二層の磁性層の間に挟まれる絶縁層を通して各膜の積層に垂直にトンネル電流が流れる。

トンネル磁気抵抗素子の抵抗値は、二層の磁性層の磁化方向が互いに同じ向きの場合に小さく、逆向きの場合に大きい。

従来採用されている矩形あるいは楕円形のトンネル磁気抵抗素子では、大小の抵抗値を『0』『1』に対応させることにより二進法を採用した記憶素子を作製することが可能であった。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-197875

特許文献2：特開2006-013430

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 現在研究開発が進められている不揮発性メモリーのMRAMにしても、あ

るいは量産され更に微細化が進められているDRAMにしても、情報の基本となるビットは『0』『1』の二進法を基本としている。そのためそれが揮発であれ不揮発であれ、容量という観点から見れば優位性はない。

[0006] これらの記憶容量を増やすためには記憶素子の個数（密度）を増やすこと以外に解はなく、そのためには微細化をより進める以外に方法はないが、記憶素子の微細化には限界がある。従って、微細化以外の方法で記録密度を向上させるための手段が必要である。

[0007] 微細化以外の方法として、2値の記憶素子に代わり3値又は4値の記憶素子を作製することが考えられる。一例として、異なる保磁力の磁性層を三層以上積層した多層膜で、異なるトンネル抵抗値を持った磁気抵抗素子を複数直列に接続する方法が考えられるが、その方法では新たに複雑な多層膜を作製する必要があり、コストが高いという問題があった。

本発明は上記従来技術の不都合を解決するために創作されたものであり、その目的は、従来の単純な多層膜構造で3値又は4値を記憶する記憶素子及び記憶方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、本発明は膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さは、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さより長くされ、磁化方向とは逆向きな外部磁界に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力は、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも大きくされ、抵抗値の大きさに3値又は4値が記憶される記憶素子である。

本発明は、膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記自由層は、平面形状が、幅と、前記幅よりも長い長手方向とを有する形状に形成され、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記長手方向は互いに直角に配置され、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記長手方向と平行に磁化され、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記幅の長さ方向と平行に磁化されて、磁化方向とは逆向きな外部磁界に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力は、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも大きくされ、抵抗値の大きさを3値又は4値が記憶される記憶素子である。

本発明は、膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さは、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さより長くされ、磁化方向を逆向きにするスピン注入電流に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さは、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きくされ、抵抗値の大きさを3値又は4値が記憶される記憶素子である。

本発明は、膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記自由層は、平面形状が、幅と、前記幅よりも長い長手方向とを有する形状に形成され、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記長手方向は互いに直角に配置され、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記長手方向と平行に磁化され、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記幅の長さ方向と平行に磁化されて、磁化方向を逆向きにするスピン注入電流に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さは、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きくされ、抵抗値の大きさを3値又は4値が記憶される記憶素子である。

本発明は記憶素子であって、前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記自由層は互いに接続されている記憶素子である。

本発明は記憶素子であって、前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記固定層は互いに接続されている記憶素子である。

本発明は記憶素子であって、前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記絶縁層は互いに接続されている記憶素子である。

本発明は、前記記憶素子を用いて、第一、第二、第三の値を記憶する記憶方法であって、前記第一の値を記憶するために、前記第一、第二の磁気抵抗素子の両方が磁化同方向抵抗値を示すように、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向をそれぞれ前記固定層の磁化方向と同じ方向に向けて、前記第一、第二の磁気抵抗素子の並列抵抗値を前記第一の値と対応させて記憶し、前記第二の値を記憶するために、前記第一、第二の磁気抵抗素

子の両方が磁化反対方向抵抗値を示すように、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向をそれぞれ前記固定層の磁化方向と反対方向に向けて、前記第一、第二の磁気抵抗素子の並列抵抗値を前記第二の値と対応させて記憶し、前記第三の値を記憶するために、いずれか一方の前記磁気抵抗素子が前記磁化同方向抵抗値を示すように当該一方の前記磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向を前記固定層の磁化方向と同じ方向に向け、他方の前記磁気抵抗素子が前記磁化同方向抵抗値を示すように当該他方の前記磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向を前記固定層の磁化方向と反対方向に向けて、前記第一、第二の磁気抵抗素子の並列抵抗値を前記第三の値と対応させて記憶する記憶方法である。

本発明は、第一、第二、第三の値を相互に書き換えて、書き換えた値を記憶する記憶方法であって、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向だけを反転させる場合には、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも大きく、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも小さい外部磁界を、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向と逆向きに印加して、書き換えた値を記憶する記憶方法である。

本発明は、第一、第二、第三の値を相互に書き換えて、書き換えた値を記憶する記憶方法であって、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向だけを反転させる場合には、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向を逆向きにし、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きく、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも小さいスピン注入電流を流して、書き換えた値を記憶する記憶方法である。

本発明は、前記記憶素子の抵抗値を測定し、前記抵抗値から記憶された値を読み取る記憶方法であって、前記記憶素子の抵抗値を測定して基準値と比較し、両方の前記磁気抵抗素子の抵抗値が前記磁化同方向抵抗値であると判別した場合を前記第一の値とし、両方の前記磁気抵抗素子の抵抗値が前記磁化反対方向抵抗値であると判別した場合を前記第二の値とし、一方の前記磁

気抵抗素子が前記磁化同方向抵抗値であり他方の前記磁気抵抗素子が前記磁化反対方向抵抗値であると判別した場合を第三の値とする記憶方法である。

[0009] 本発明は、磁性層の磁化方向が外部磁界の方向と平行であり、長軸が短軸より長い（ここでは1.5倍以上長いとする）場合に、磁化方向が長軸に平行な磁性層は、磁化方向が短軸に平行な磁性層よりも小さな外部磁界で磁化方向を反転させることができること（磁気形状異方性という）に着目している。

[0010] 磁性層が磁化した状態は磁性層の磁化方向の両端にN極とS極が現れた状態であり、この磁極は磁性層外部に磁力線を発生させるのと同時に、磁性層内部にも外部とは反対方向に磁場（反磁場）を作る。内部の反磁場の大きさは、磁化の大きさに比例すると同時に、磁化方向の形状に依存し、長矩形形状の磁性層では長軸方向に磁化した場合が一番小さい（無限に長い棒では反磁場が0になる）。磁性層の内部に働く磁場は、外部磁界と反磁場の差で与えられると考えられる。

[0011] 図3（a）、（b）は、長軸、短軸に平行な方向に磁化された磁性層に、磁化方向と平行で逆向きの外部磁界を印加したときの、外部磁界の強度と磁性層の磁化の関係を測定した結果である。

長軸に平行な方向に磁化された磁性層は、弱い外部磁界 $\pm H_1$ で反転して磁化が飽和するが（図3（a））、短軸に平行な方向に磁化された磁性層は、 $\pm H_1$ よりも大きな $\pm H_2$ で反転するまで直線的に磁化が変化するので、大きな外部磁界をかけないと磁化が飽和しない（図3（b））。

[0012] また、本発明は、第一、第二の磁気抵抗素子の自由層の面積比を制御することにより、一方の磁気抵抗素子の自由層と固定層の磁化方向が同方向で、他方の磁気抵抗素子の自由層と固定層の磁化方向が逆方向のときの抵抗値を、両方の磁気抵抗素子の自由層と固定層の磁化方向が同方向のときの抵抗値と、両方の磁気抵抗素子の自由層と固定層の磁化方向が逆方向のときの抵抗値に対して制御できる記憶素子である。

発明の効果

[0013] 磁化形状異方性を持つ形状のトンネル磁気抵抗素子を二個並列に接続することで、抵抗値は最大値、最小値以外に、一方の素子の二層の磁性層の磁場が互いに同方向で他方の素子の二層の磁性層の磁場が互いに逆方向のときに中間値を取ることができ、最大値、中間値、最小値を判別することで3値又は4値の記憶素子が得られる。

[0014] 従って、記憶素子の密度を増やさなくても、2値の記憶媒体よりも記憶容量を増やすことができる。

また従来から使用されている多層膜が利用できるため、新たに複雑な積層構造の多層膜を作製する必要はなく、低コストで3値又は4値の記憶素子が得られる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の記憶素子の平面図

[図2]本発明の記憶素子のA-A切断断面図

[図3] (a), (b) : 磁化形状異方性を説明する模式図

[図4] (a) ~ (d) : 磁化方向の向きの組合せを説明する模式図

[図5]本発明の記憶素子を用いた記憶媒体の一例を説明する断面図

[図6] (a) ~ (d) : 自由層が接続している場合の例を示す図

[図7]自由層が接続している場合の磁化を説明する模式図

符号の説明

[0016] 1 ……記憶装置

1 0 ……記憶素子

1 1 ……第一の磁気抵抗素子

1 2 ……第二の磁気抵抗素子

2 2 ……第一の磁気抵抗素子の自由層

3 2 ……第二の磁気抵抗素子の自由層

4 3 ……絶縁層

4 8 ……固定層

5 1 ……第一の磁気抵抗素子の自由層の長手方向

５２……第一の磁気抵抗素子の自由層の幅の長さ方向

５３……第二の磁気抵抗素子の自由層の長手方向

５４……第二の磁気抵抗素子の自由層の幅の長さ方向

発明を実施するための形態

[0017] 図１の符号１０は本発明である記憶素子の平面図である。記憶素子１０は第一、第二の磁気抵抗素子１１、１２を有している。

図２は記憶素子１０のＡ－Ａ切断断面図である。

第一、第二の磁気抵抗素子１１、１２は、所定の保磁力を有する固定層４８と、絶縁層４３と、固定層４８の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が固定層４８より小さい自由層２２、３２を有している。

[0018] 第一の電極６１と固定層４８と絶縁層４３と自由層２２、３２とをこの順序でＳｉ基板４９上に積層した後、自由層２２、３２部分だけを後述の形状にエッチングして、第一、第二の磁気抵抗素子１１、１２が形成されている。

自由層２２、３２のエッチング後、自由層２２、３２側からＳｉＯ₂層４１を積層し、その後にＳｉＯ₂層４１をエッチングして自由層２２、３２の表面を露出させる。自由層２２、３２の表面に密着するように第二の電極６２を形成する。

[0019] 絶縁層４３の膜厚は薄く、自由層２２、３２と固定層４８との間に電圧が印加されると、トンネル効果により、各層に対して垂直な方向にトンネル電流が流れる。

トンネル電流が流れるときの第一、第二の磁気抵抗素子１１、１２のコンダクタンス値は、固定層４８の磁化方向に対して、自由層２２、３２の磁化方向が同じ向きの場合に大きく、逆向きの場合に小さい（コンダクタンス値は抵抗値の逆数である）。従って、第一、第二の磁気抵抗素子１１、１２はトンネル磁気抵抗素子として機能する。

[0020] 第一、第二の磁気抵抗素子１１、１２の自由層２２、３２（以下第一、第二の自由層と呼ぶ）の平面形状は、図１に示すように、長手方向５１、５３

とそれに垂直で長手方向の長さより短い幅方向 5 2、5 4 を有している。ここでは、第一の自由層 2 2 の長手方向 5 1 の長さは、幅方向 5 2 の長さの 1.5 倍以上とする。

第一、第二の自由層 2 2、3 2 は互いに平行な方向に磁化されている。

第一の自由層 2 2 の磁化方向に沿った長さは、第二の自由層 3 2 の磁化方向に沿った長さより長くされ、ここでは、第一、第二の自由層 2 2、3 2 は、長手方向 5 1、5 3 が互いに直角になるように配置されている。

そのため、磁化方向とは逆向きな外部磁界に対し、長手方向 5 1 に磁化された第一の自由層 2 2 の保磁力（以下第一の保磁力と呼ぶ）は、幅方向 5 4 に磁化された第二の自由層 3 2 の保磁力（以下第二の保磁力と呼ぶ）より小さくされている。また、磁化方向を逆向きにするスピン注入電流に対し、長手方向 5 1 に磁化された第一の自由層 2 2 のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さは、幅方向 5 4 に磁化された第二の自由層 3 2 のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さより小さくされている。

ここでは、第一、第二の自由層 2 2、3 2 は、長手方向 5 1、5 3 が互いに直角になるように配置されているが、本発明はこれに限定されず、第一、第二の自由層 2 2、3 2 は、長手方向 5 1、5 3 に沿って延びる直線が互いに交差するように配置されている場合は本発明に含まれる。

[0021] 記憶素子 1 0 内部では、図 2 に示すように、固定層 4 8 は第一の電極 6 1 に接触して電氣的に接続され、第一、第二の自由層 2 2、3 2 はそれぞれ第二の電極 6 2 に接触して電氣的に接続されている。

従って、記憶素子 1 0 は、第一、第二の磁気抵抗素子 1 1、1 2 を並列に接続した並列接続回路を形成している。

[0022] 第一、第二の電極 6 1、6 2 の間に電圧を印加すると、電流は第一、第二の磁気抵抗素子 1 1、1 2 の両方を膜厚方向と平行な方向に流れるように配線されているが、よりコンダクタンス値の高い部分を流れる傾向を持つ。

第一、第二の磁気抵抗素子 1 1、1 2 のコンダクタンスの最小値をそれぞれ C_1 、 C_2 、最大値をそれぞれ $C_1 + \Delta C_1$ 、 $C_2 + \Delta C_2$ とする。

[0023] 図4 (a) ~ (d) は、記憶素子10内部の、固定層48の磁化方向 F_0 に対する、第一、第二の自由層22、32の磁化方向 F_1 、 F_2 の変化を示している。

図4 (a) を参照し、第一、第二の自由層22、32の磁化方向 F_1 、 F_2 の両方が、固定層48の磁化方向 F_0 と同じ向きの場合、記憶素子10のコンダクタンス値は $C_1 + C_2 + \Delta C_1 + \Delta C_2$ で表される値に近い最大値となる（低コンダクタンスになった部分を本来流れる電流が高コンダクタンス部に流れ込むため、素子全体としてのコンダクタンス変化は正確には $\Delta C_1 + \Delta C_2$ とはならず、それに近い値となる）。

[0024] 次に、第一の保磁力以上第二の保磁力未満の外部磁界 H_r を固定層48の磁化方向 F_0 と逆向きに印加すると、第一の自由層22の磁化方向 F_1 だけが反転し、記憶素子10のコンダクタンス値は $C_1 + C_2 + \Delta C_2$ になる（図4 (b)）。

次に、第二の保磁力以上の外部磁界 H_r を固定層48の磁化方向 F_0 と逆向きに印加すると、第二の自由層32の磁化方向 F_2 も反転し、記憶素子10のコンダクタンス値は最小値 $C_1 + C_2$ になる（図4 (c)）。

次に、第一の保磁力以上第二の保磁力未満の外部磁界 H_r を固定層48の磁場方向 F_0 と同じ向きに印加すると、第一の自由層22の磁化方向 F_1 が再度反転して、記憶素子10のコンダクタンス値は $C_1 + C_2 + \Delta C_1$ になる（図4 (d)）。

[0025] このように、記憶素子10のコンダクタンスは、最大値 $C_1 + C_2 + \Delta C_1 + \Delta C_2$ 、第一の中間値 $C_1 + C_2 + \Delta C_1$ 、第二の中間値 $C_1 + C_2 + \Delta C_2$ 、最小値 $C_1 + C_2$ の4通りのコンダクタンス値をとる。

第一のコンダクタンス差 ΔC_1 が第二のコンダクタンス差 ΔC_2 より大きい場合（ $\Delta C_1 > \Delta C_2$ ）には、第一の中間値が大なる中間値になり、第二の中間値が小なる中間値になる。第一のコンダクタンス差 ΔC_1 が第二のコンダクタンス差 ΔC_2 より小さい場合（ $\Delta C_1 < \Delta C_2$ ）には、第二の中間値が大なる中間値になり、第一の中間値が小なる中間値になる。

[0026] 最大値と大なる中間値の間に第一の基準値を置き、小なる中間値と最小値の間に第二の基準値を置いて、最大値、最小値、中間値の3通りのコンダクタンス値を判別することで3値の記憶素子が得られる。

更に、第一、第二の基準値に加えて、大なる中間値と小なる中間値の間に第三の基準値を置いて、最大値、大なる中間値、小なる中間値、最小値の4通りのコンダクタンス値を判別することで4値の記憶素子が得られる。

[0027] 次に、本発明の記憶素子10を用いた記憶装置を説明する。図5はMRAM等の記憶装置1の一例を示す断面図である。

記憶装置1は第一、第二の配線5、6を複数本ずつ有している。第一の配線5は所定間隔を空けて互いに平行に配置され、第二の配線6は第一の配線5が配置された平面と平行な平面内で、第一の配線5と交差するように配置されている。ここでは、第一、第二の配線5、6はSiO₂等の絶縁層2に埋設されている。

[0028] 第一、第二の配線5、6の立体交差位置の近傍には、本発明の記憶素子10が配置されている。第一、第二の配線5、6の交差位置は行列状に配置されているから、記憶素子10は行列状に配置されている。

記憶素子10の第一、第二の電極61、62は、記憶素子10の近傍で交差する第一、第二の配線5、6にそれぞれ接続されている。

第一、第二の配線5、6は制御装置8に接続されている。記憶素子10から記憶された情報を読み出す場合、制御装置8は、第一、第二の配線5、6を選択して所望の記憶素子10に電流を流し、測定装置9は電流が流れた記憶素子10の電極間の電圧と電流から、ここではコンダクタンス値を測定し、測定結果を制御装置8へ伝送する。

[0029] 上述したように、本発明の記憶素子10のコンダクタンス値は、最大値、最小値、中間値の3通りが得られ、制御装置8には少なくともコンダクタンスの最大値と最小値が基準値として設定されている。

制御装置8は測定装置9の測定結果と設定されたコンダクタンス値（基準値）とを比較し、測定結果が最大値、最小値、又は最大値と最小値の間（中

間値)のいずれに相当するか判断する。制御装置 8 は、判断した結果をそれぞれ『0』『1』『2』等の情報に関連付け、情報として読み出す。

従って、この記憶装置 1 では、第一、第二の配線 5、6 と、制御装置 8 と、測定装置 9 とで、情報を読み出す読み出し手段が構成される。

[0030] 次に、情報の書き換えについて説明する。この記憶装置 1 では、第一の配線 5 の配線に沿って書き換え配線 4 が延設されている。第一の配線 5 は第二の配線 6 と交差するから、書き換え配線 4 も第二の配線 6 と交差する。

各記憶素子 10 は書き換え配線 4 と第二の配線 6 の交差位置で、書き換え配線 4 と第二の配線 6 の間に配置されている。書き換え配線 4 は記憶素子 10 及び第一、第二の配線 5、6 と非接触であり、絶縁されている。

[0031] 書き換え配線 4 は制御装置 8 に接続されている。制御装置 8 には、書き換え配線 4 及び第二の配線 6 と、記憶素子 10 との位置関係が設定されている。

制御装置 8 は格子状に配置された書き換え配線 4 と第二の配線 6 との間に配置されている中で目的とする記憶素子 10 の一つを選択し、通電する。通電により、書き換え配線 4 と第二の配線 6 の周囲に磁場が発生し、書き換え配線 4 と第二の配線 6 の交差位置近傍に合成磁場が発生し、他の素子には磁場の影響を与えない。従って、行列状に配置された複数の記憶素子 10 のうち、選択した配線 4、6 の交差位置にある記憶素子 10 だけが合成磁場に曝される。

[0032] 書き換え配線 4 と第二の配線 6 に流す電流の向きや強さ等の通電条件を変えると、合成磁場の向きや強さが変わる。記憶素子 10 のコンダクタンスを最大値、最小値、中間値にする各合成磁場を作る通電条件は予め求められ、制御装置 8 に設定されている。

制御装置 8 は記憶したい情報と記憶素子 10 のコンダクタンスを関連付け、コンダクタンスを関連付けた値にする通電条件で、書き換え配線 4 と第二の配線 6 に電流を流し、記憶素子 10 に所望の記憶情報をコンダクタンスとして記憶する。

[0033] このように、第二の配線 6 と、書き換え配線 4 と、制御装置 8 とが情報を書き換える書き換え手段となるが、書き換え手段はこれに限定されない。例えば、書き換え手段を書き換え配線 4 と制御装置 8 だけで構成してもよい。この場合、制御装置 8 は書き換え配線 4 を選択して通電し、選択した書き換え配線 4 上にある記憶素子 10 の情報を書き換える。

[0034] また、書き換え配線 4 を設けず、第一、第二の配線 5、6 と制御装置 8 で書き換え手段を構成してもよい。この場合、制御装置 8 は、第一、第二の配線 5、6 を選択して通電し、選択された第一、第二の配線 5、6 の交差位置で合成磁場を発生させ、当該交差位置近傍の記憶素子 10 の情報を書き換える。

[0035] また、第一、第二の配線 5、6 と制御装置 8 で書き換え手段を構成する場合には、制御装置 8 は、第一、第二の配線 5、6 を選択し、磁化を反転させるスピン注入電流を流して、記憶素子 10 の情報を書き換えてもよい。

第一の自由層の磁化方向だけを反転させる場合には、第一の自由層の磁化方向を逆向きにし、第一の自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きく、第二の自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも小さいスピン注入電流を流して、記憶素子 10 の情報を書き換える。

スピン注入電流を用いることにより、書き換えのために外部磁場を発生させる必要がなく、装置設計の自由度が上がる。

要するに、書き換え手段は制御装置 8 と配線とを有し、制御装置 8 が配線を選択して通電することにより、配線上の記憶素子 10 の情報を書き換える。

[0036] 書き換え手段は記憶装置 1 に設ける必要も無い。書き換え手段（例えばごく微少な電磁石等の磁界形成手段）を記憶装置 1 の外側に設け、書き換える必要な記憶素子 10 に外部から書き換え手段を近づけることで、情報の書き換えを行ってもよい。

上記説明では記憶素子 10 の電極間の電圧と電流から、コンダクタンス値

を測定して 3 値又は 4 値を判別したが、抵抗値を測定して 3 値又は 4 値を判別する場合も本発明に含まれる。また、記憶素子 10 の電極間の電圧値又は電流値から、3 値又は 4 値を判別してもよい。

なお、固定層 48 の磁化方向に対して、第一、第二の自由層 22、32 の磁化方向が同じ向きの場合の第一、第二の磁気抵抗素子 11、12 の抵抗値を磁化同方向抵抗値と呼び、逆向きの場合の抵抗値を磁化反対方向抵抗値と呼ぶ。

[0037] 本発明は、第一、第二の自由層 22、32 が分離されている場合に限定されず、例えば図 6 (a) ~ (d) に示す L 型パターン、T 型パターン、クロスパターン、凹型パターンのように、接続されている場合も含まれる。

例えばクロスパターンの磁性層が磁化されている場合は、図 7 に示すように磁化方向の両端に N 極 (+) と S 極 (-) が現れる。N 極と S 極との間の距離が保磁力又はスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さと関係しているため、第一、第二の自由層 22、32 が接続されている場合でも、長手方向に磁化された第一の自由層 22 と幅方向に磁化された第二の自由層 32 が判別できる。

[0038] 本発明は、第一、第二の磁気抵抗素子 11、12 の自由層が分離し、絶縁層と固定層が接続している場合と、自由層と絶縁層と固定層の全層が接続している場合に限定されず、自由層と絶縁層が分離し、固定層が接続している場合と、自由層と絶縁層と固定層の全層が分離している場合も含まれる。

また、第一、第二の磁気抵抗素子 11、12 の絶縁層が分離し、自由層と固定層が接続されている場合と、固定層が分離し、自由層と絶縁層が接続されている場合と、自由層と固定層が分離し、絶縁層が接続されている場合と、絶縁層と固定層が分離し、自由層が接続されている場合も含まれる。

[0039] ここでは、固定層 48 は反強磁性層 47 と磁性層 46 を有しており、S_i 基板 49 上に第一の電極 61、反強磁性層 47、磁性層 46 の順で形成されている。磁性層 46 を磁性層の表面と平行な方向に磁化させる場合、磁性層 46 と反強磁性層 47 を接触させると磁性層 46 の保磁力が増大される。

本発明は、固定層 4 8 の磁化方向を反強磁性層 4 7 を設けて固定する場合に限定されず、磁性層 4 6 の保磁力が、第一、第二の保磁力の両方より十分高いのであれば、反強磁性層 4 7 を設けなくてもよい。

[0040] しかし、通常、磁性層 4 6 の保磁力は数十ガウス程度であるのに対し、反強磁性層 4 7 で磁化方向を固定した場合には、保磁力が 6 0 0 ガウス～8 0 0 ガウス程度に上昇するので、反強磁性層 4 7 で磁化方向を固定した方が、第一、第二の保磁力との差をより大きくできる。

[0041] 反強磁性層 4 7 の構成材料は例えば P t M n 等である。磁性層 4 6 の構成材料は例えば C o F e B / R u / C o F e を積層したフェリ磁性体等である。自由層 2 2、3 2 の構成材料は保磁力が 1 桁程度異なる、例えば C o F e B である。

絶縁層 4 3 の構成材料は特に限定されず、例えば M g O やアルミナ (A l ₂ O ₃) のいずれか一方又は両方を用いることができるが、M g O を用いると記憶素子 1 0 の抵抗変化率が高くなるから特に好ましい。

請求の範囲

- [請求項1] 膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、
- 前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、
- 前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、
- 前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、
- 前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さは、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さより長くされ、
- 磁化方向とは逆向きな外部磁界に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力は、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも大きくされ、抵抗値の大きさが3値又は4値が記憶される記憶素子。
- [請求項2] 膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、
- 前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、
- 前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、
- 前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、
- 前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記自由層は、平面形状が、幅と、前記幅よりも長い長手方向とを有する形状に形成さ

れ、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記長手方向は互いに直角に配置され、

前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記長手方向と平行に磁化され、

前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記幅の長さ方向と平行に磁化されて、

磁化方向とは逆向きな外部磁界に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力は、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも大きくされ、抵抗値の大きさが3値又は4値が記憶される記憶素子。

[請求項3] 膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層と、

前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、

前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、

前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、

前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さは、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記磁化方向に沿った長さより長くされ、

磁化方向を逆向きにするスピン注入電流に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さは、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きくされ、抵抗値の大きさが3値又は4値が記憶される記憶素子。

[請求項4] 膜厚方向とは垂直な方向に磁化され、所定の保磁力を有する固定層

と、

前記固定層の磁化方向と平行な方向に磁化され、保磁力が前記固定層よりも小さい自由層と、

前記固定層と前記自由層とで挟まれた絶縁層とを有し、

前記固定層と前記自由層との間に電圧を印加すると、前記固定層の磁化方向と前記自由層の磁化方向の異同に応じた抵抗値で前記絶縁層にトンネル電流が流れる第一、第二の磁気抵抗素子が並列接続された記憶素子であって、

前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記自由層は、平面形状が、幅と、前記幅よりも長い長手方向とを有する形状に形成され、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の前記長手方向は互いに直角に配置され、

前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記長手方向と平行に磁化され、

前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層は、その前記自由層の前記幅の長さ方向と平行に磁化されて、

磁化方向を逆向きにするスピン注入電流に対し、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さは、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きくされ、抵抗値の大きさが3値又は4値が記憶される記憶素子。

[請求項5] 前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記自由層は互いに接続されている請求項1乃至請求項4のいずれか1項記載の記憶素子。

[請求項6] 前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記固定層は互いに接続されている請求項1乃至請求項5のいずれか1項記載の記憶素子。

[請求項7] 前記第一、第二の磁気抵抗素子がそれぞれ有する前記絶縁層は互い

に接続されている請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載の記憶素子。

[請求項 8] 請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項記載の記憶素子を用いて、第一、第二、第三の値を記憶する記憶方法であって、

前記第一の値を記憶するために、前記第一、第二の磁気抵抗素子の両方が磁化同方向抵抗値を示すように、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向をそれぞれ前記固定層の磁化方向と同じ方向に向けて、前記第一、第二の磁気抵抗素子の並列抵抗値を前記第一の値と対応させて記憶し、

前記第二の値を記憶するために、前記第一、第二の磁気抵抗素子の両方が磁化反対方向抵抗値を示すように、前記第一、第二の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向をそれぞれ前記固定層の磁化方向と反対方向に向けて、前記第一、第二の磁気抵抗素子の並列抵抗値を前記第二の値と対応させて記憶し、

前記第三の値を記憶するために、いずれか一方の前記磁気抵抗素子が前記磁化同方向抵抗値を示すように当該一方の前記磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向を前記固定層の磁化方向と同じ方向に向け、他方の前記磁気抵抗素子が前記磁化同方向抵抗値を示すように当該他方の前記磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向を前記固定層の磁化方向と反対方向に向けて、前記第一、第二の磁気抵抗素子の並列抵抗値を前記第三の値と対応させて記憶する記憶方法。

[請求項 9] 第一、第二、第三の値を相互に書き換えて、書き換えた値を記憶する請求項 8 記載の記憶方法であって、

前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向だけを反転させる場合には、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも大きく、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層の保磁力よりも小さい外部磁界を、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向と逆向きに印加して、書き換えた値を記憶する記憶方法。

[請求項10] 第一、第二、第三の値を相互に書き換えて、書き換えた値を記憶する請求項8記載の記憶方法であって、

前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向だけを反転させる場合には、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層の磁化方向を逆向きにし、前記第一の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも大きく、前記第二の磁気抵抗素子の前記自由層のスピン注入電流が流れたときの磁化反転に対する強さよりも小さいスピン注入電流を流して、書き換えた値を記憶する記憶方法。

[請求項11] 前記記憶素子の抵抗値を測定し、前記抵抗値から記憶された値を読み取る請求項8記載の記憶方法であって、

前記記憶素子の抵抗値を測定して基準値と比較し、

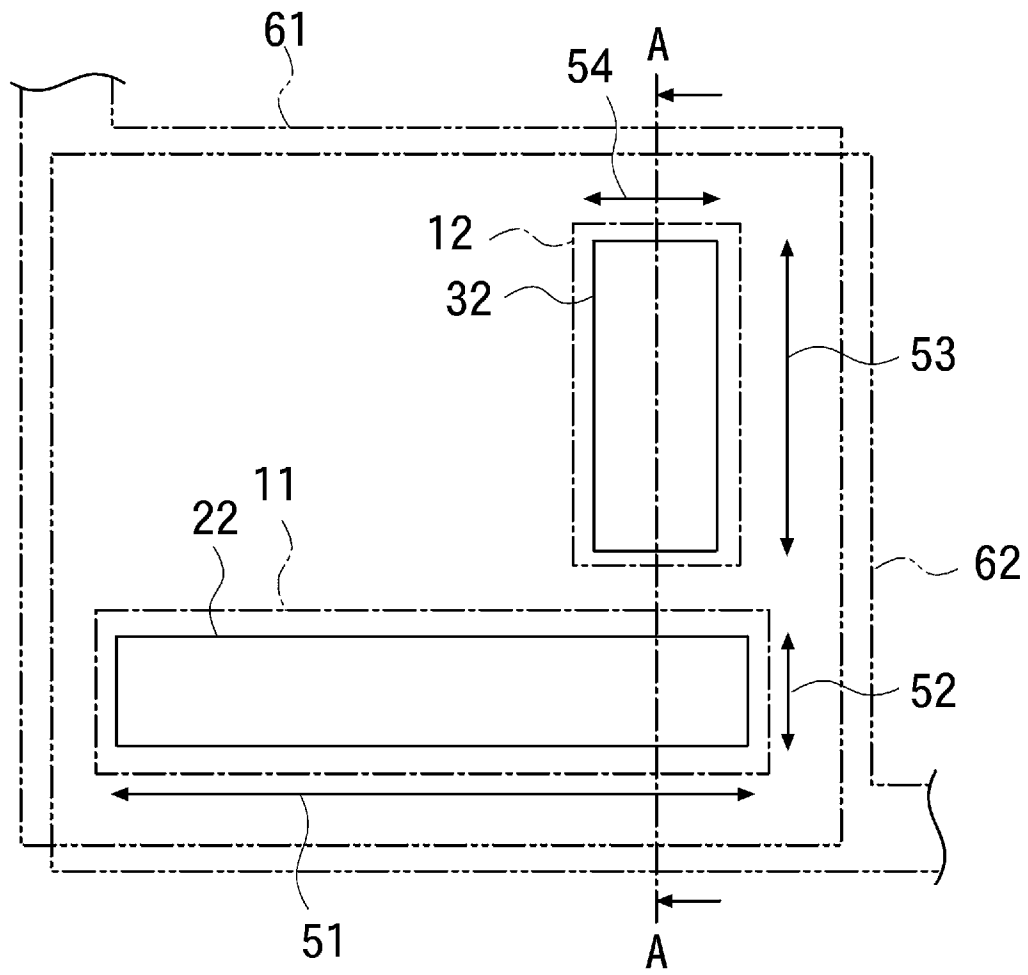
両方の前記磁気抵抗素子の抵抗値が前記磁化同方向抵抗値であると判別した場合を前記第一の値とし、

両方の前記磁気抵抗素子の抵抗値が前記磁化反対方向抵抗値であると判別した場合を前記第二の値とし、

一方の前記磁気抵抗素子が前記磁化同方向抵抗値であり他方の前記磁気抵抗素子が前記磁化反対方向抵抗値であると判別した場合を第三の値とする記憶方法。

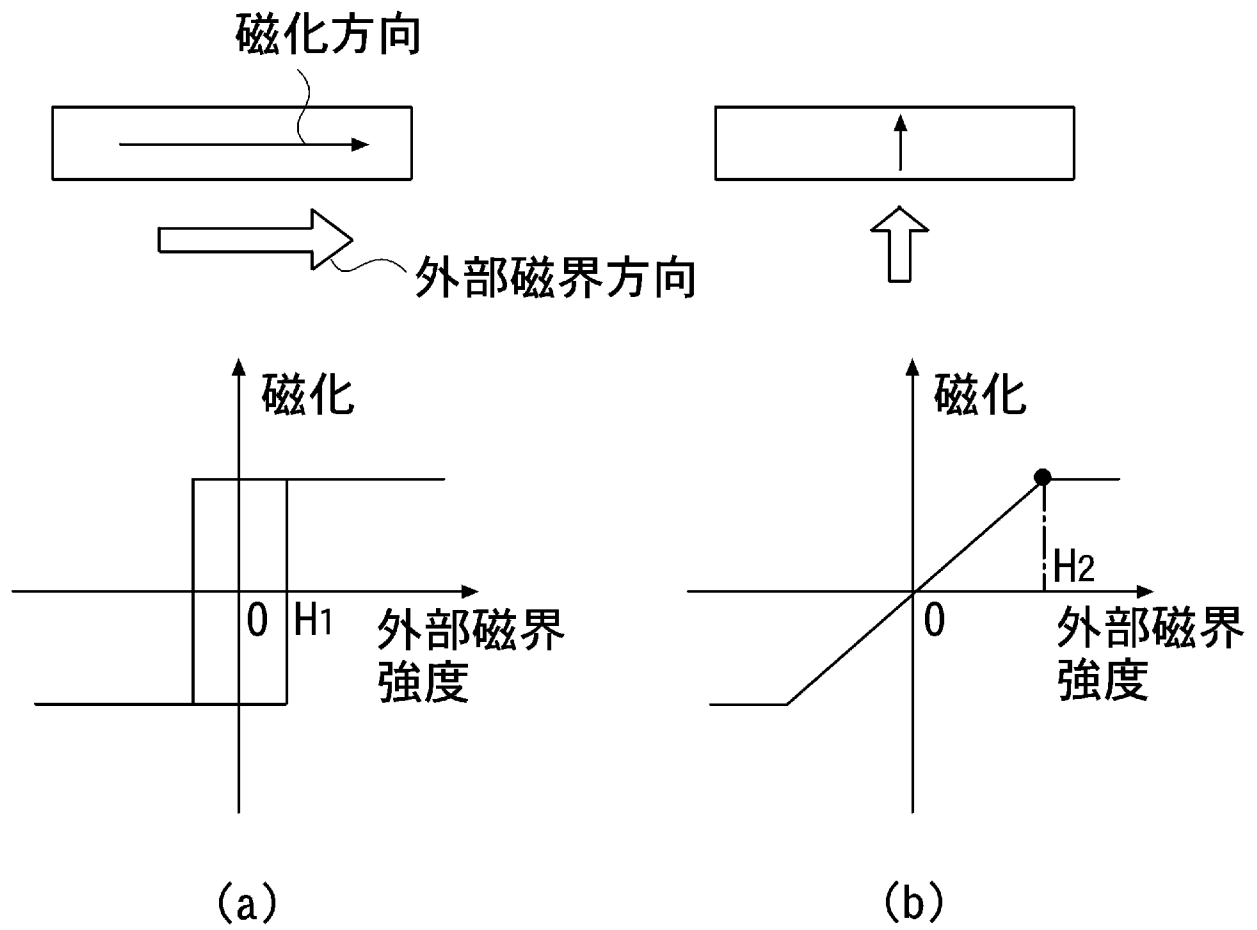
[図1]

10

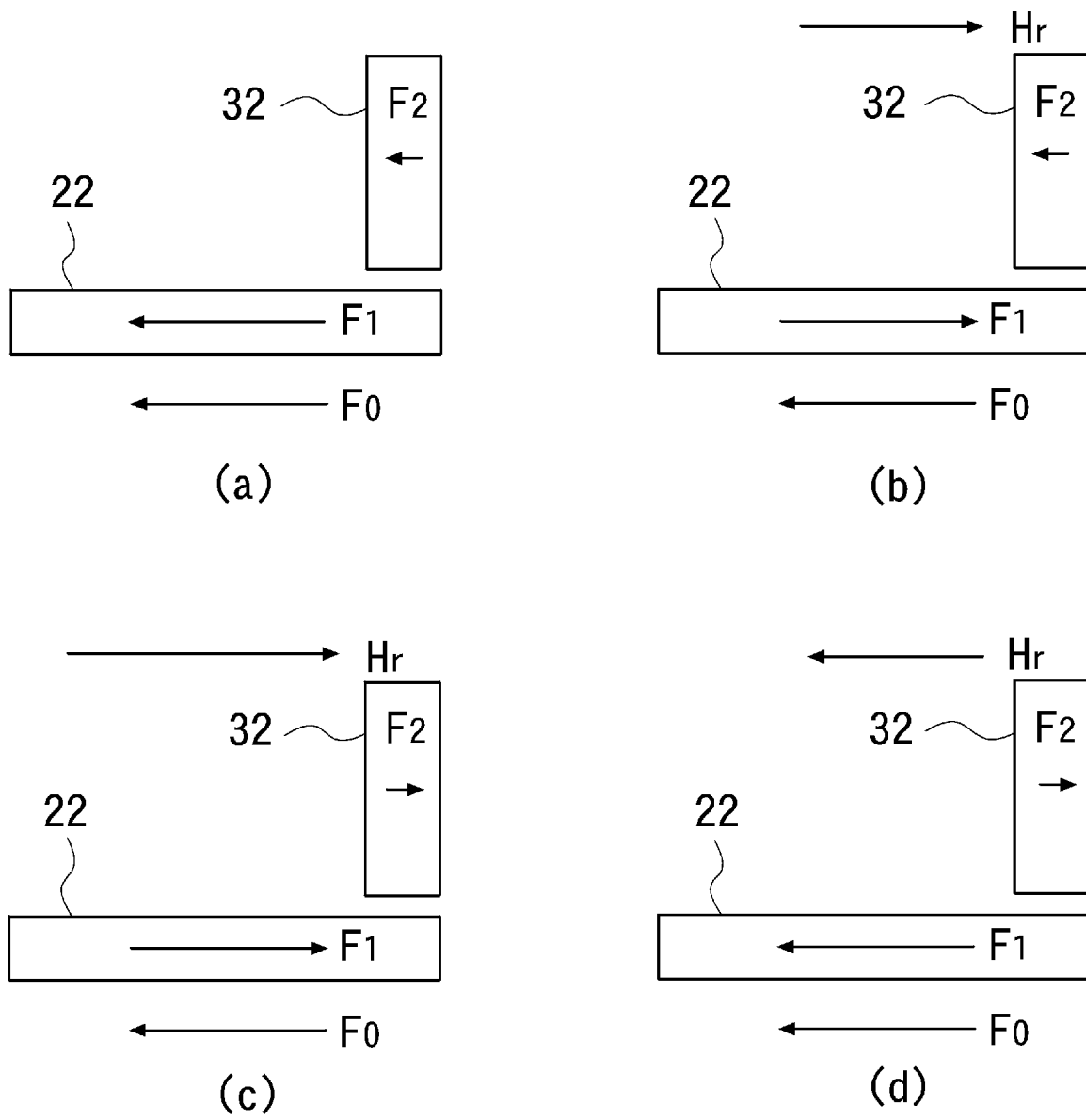


[illegible]

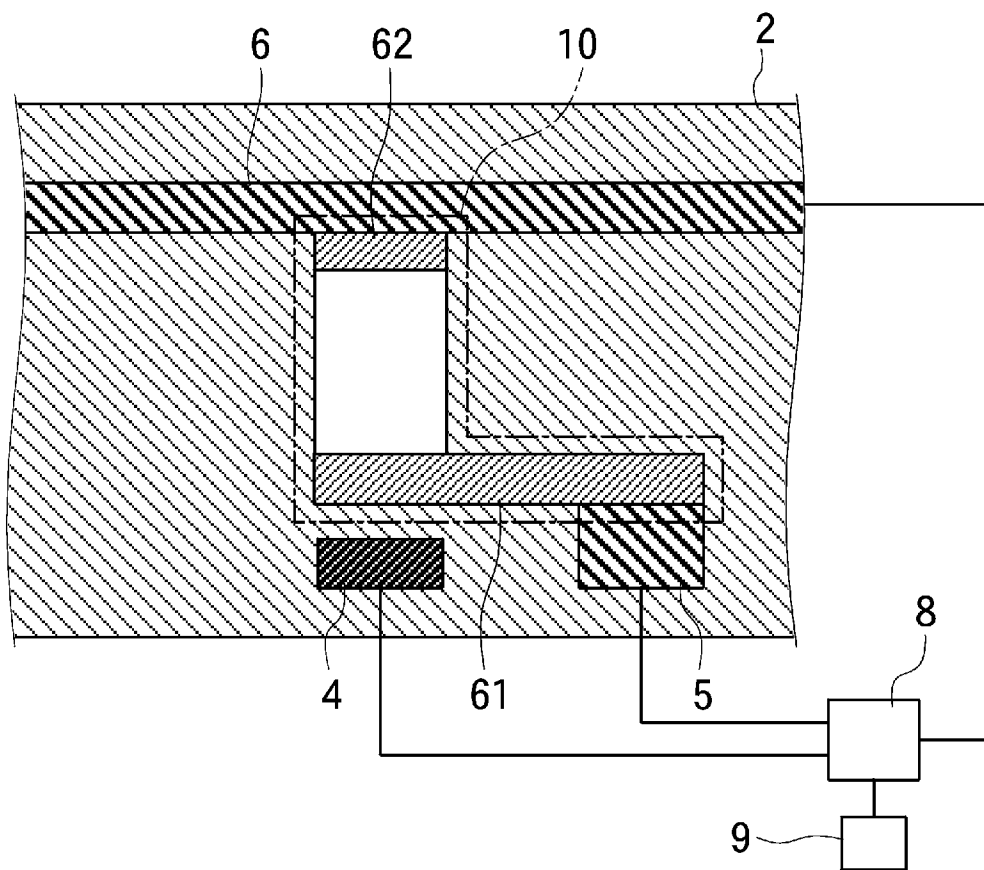
[図3]



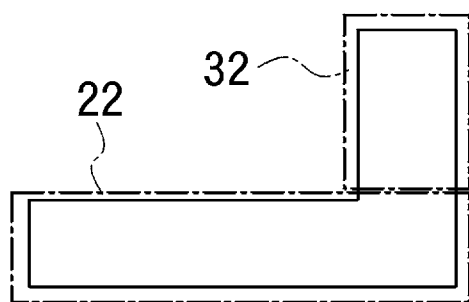
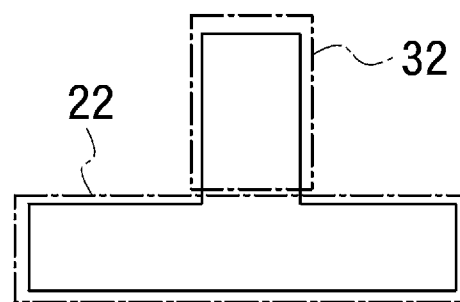
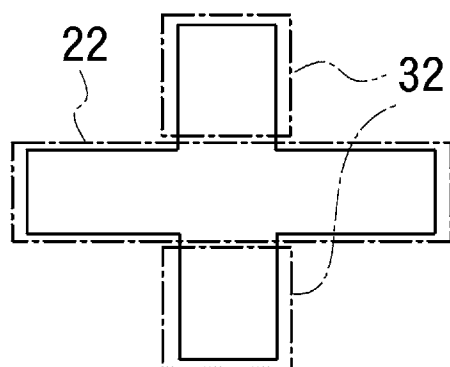
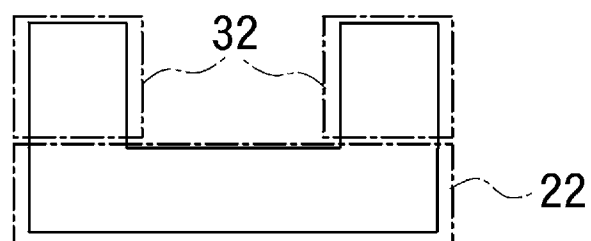
[図4]



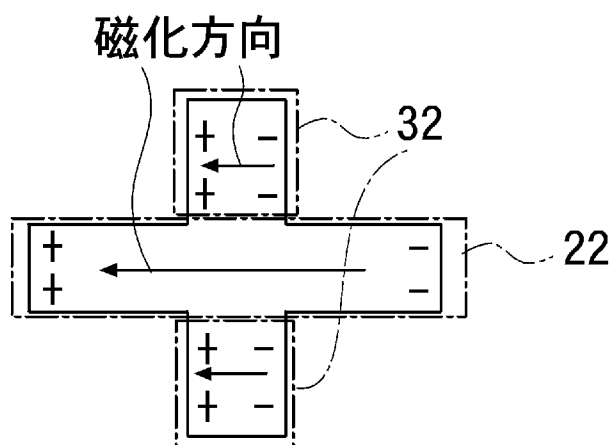
[図5]

1

[図6]

L 型パターン
(a)T 型パターン
(b)クロスパターン
(c)凹型パターン
(d)

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056650

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/8246(2006.01)i, G11C11/15(2006.01)i, H01L27/105(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, 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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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	JP 2008-243933 A (Nippon Hoso Kyokai), 09 October 2008 (09.10.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-11
X A	JP 2005-340468 A (Fujitsu Ltd.), 08 December 2005 (08.12.2005), paragraphs [0052] to [0064]; fig. 16 (Family: none)	1, 8, 11 2-7, 9, 10
A	JP 2000-195251 A (Yamaha Corp.), 14 July 2000 (14.07.2000), paragraphs [0014] to [0045] (Family: none)	5-7



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
27 May, 2010 (27.05.10)

Date of mailing of the international search report
08 June, 2010 (08.06.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056650

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 search revealed that the matter common to the inventions relating to storage element described in claims 1 - 11 is not novel, since the matter is disclosed in JP 2008-243933 A (Nippon Hoso Kyokai), 9 October 2008 (09.10.2008).

As a result, since the above-said storage element does not make contribution over the prior art, the common matter is not a special technical feature in the meaning of the second sentence of PCT Rule 13.2.

(continued to extra sheet)

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/056650

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Therefore, since there is no technical relationship involving one or more same or corresponding special technical feature among the inventions in claims 1 - 11, the inventions cannot be considered to be so linked as to form a single general inventive concept.

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, 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, 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 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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	JP 2008-243933 A（日本放送協会）2008.10.09, 全文, 全図 （ファミリーなし）	1-11
X A	JP 2005-340468 A（富士通株式会社）2005.12.08, 段落【0052】 - 【0064】, 図16（ファミリーなし）	1, 8, 11 2-7, 9, 10
A	JP 2000-195251 A（ヤマハ株式会社）2000.07.14, 段落【0014】 - 【0045】（ファミリーなし）	5 - 7

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

2 7 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 6 . 2 0 1 0

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）

三浦 尊裕

4 M

3 7 7 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2

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 - 1 1 に記載された記憶素子に係る発明に共通する事項は、調査の結果、JP 2008-243933 A（日本放送協会）2008.10.09 に開示されたものであるから、新規でないことが明らかとなった。

結果として、上記記憶素子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、この共通事項は特別な技術的特徴ではない。

それ故、請求項 1 - 1 1 に係る発明は、一又は二以上の同一または対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

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。