

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4815051号
(P4815051)

(45) 発行日 平成23年11月16日 (2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月2日 (2011.9.2)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/8246 (2006.01)	H O 1 L 27/10 4 4 7
H O 1 L 27/105 (2006.01)	G 1 1 C 11/14 A
G 1 1 C 11/14 (2006.01)	G 1 1 C 11/15
G 1 1 C 11/15 (2006.01)	H O 1 L 43/08 Z
H O 1 L 43/08 (2006.01)	H O 1 L 43/12

請求項の数 3 (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-560586 (P2000-560586)	(73) 特許権者	509052894
(86) (22) 出願日	平成11年7月19日 (1999.7.19)		エバースピン テクノロジーズ インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2002-520873 (P2002-520873A)		EverSpin Technologies, Inc.
(43) 公表日	平成14年7月9日 (2002.7.9)		アメリカ合衆国 85225 アリゾナ州
(86) 国際出願番号	PCT/US1999/016314		チャンドラー ノース アルマ スクール ロード 1300
(87) 国際公開番号	W02000/004552	(74) 代理人	100142907
(87) 国際公開日	平成12年1月27日 (2000.1.27)		弁理士 本田 淳
審査請求日	平成18年7月19日 (2006.7.19)	(74) 代理人	100149641
(31) 優先権主張番号	09/118,979		弁理士 池上 美穂
(32) 優先日	平成10年7月20日 (1998.7.20)	(72) 発明者	ユージーン・チェン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国アリゾナ州ギルバート、ウエスト・シェリー・ドライブ1143

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低切替磁界磁性トンネル接合

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板の平坦な表面上にトンネル接合部を備えた低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セル (10) において、

第1抗磁層 (17) および第2抗磁層 (18) を有し、第1非磁性導電層 (19) を前記第1および第2抗磁層の間に平行並置してなる第1反強磁性結合多層構造 (15) であって、前記第1抗磁層が第1磁気ベクトル (20) を有し、前記第2抗磁層が第2磁気ベクトル (21) を有し、磁界が印加されない場合は前記第1および第2磁気ベクトルが逆平行になり、前記第1抗磁層は、前記第2抗磁層の前記第2磁気ベクトルとは異なる磁界強度で前記第1磁気ベクトルの方向を切り替えるよう構成されている第1反強磁性結合多層構造 (15) と、

前記第1反強磁性結合多層構造の前記第1および第2磁気ベクトルの一方と平行な磁気ベクトル (28) を有する少なくとも1つの抗磁層 (26) を含む第2構造 (12) であって、前記磁気ベクトル (28) が前記基板の平坦な表面と平行な磁気軸に沿って位置すると共に一方向に固定されている第2構造 (12) と、

前記第1反強磁性結合多層構造および第2構造の間に平行並置されて抗磁性トンネル接合部を形成する絶縁材料 (13) とを備えることを特徴とする低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セル (10)。

【請求項 2】

平坦な表面を有する基板 (11) と、

前記基板の平坦な表面上に支持され、メモリ・アレイを構成するように相互接続された複数の低切替磁界抗磁性トンネル接合メモリ・セル（１０）であって、前記複数のセルのうちの各セルが５未満のアスペクト比と、円形、ひし形または楕円形のいずれかである上面とを有する低切替磁界抗磁性トンネル接合メモリ・セル（１０）とを備え、各セルは、

第１抗磁層（１７）および第２抗磁層（１８）を備え、第１非磁性導電層（１９）を前記第１および第２抗磁層の間に平行並置してなる第１反強磁性結合多層構造（１５）であって、前記第１抗磁層が第１磁気ベクトル（２０）を有し、前記第２抗磁層が第２磁気ベクトル（２１）を有し、磁界が印加されない場合は前記第１および第２磁気ベクトルが逆平行になり、前記第１抗磁層は、前記第２抗磁層の前記第２磁気ベクトルとは異なる磁界強度で前記第１磁気ベクトルの方向を切り替えるよう構成されている第１反強磁性結合多層構造（１５）と、

10

前記第１反強磁性結合多層構造の前記第１および第２磁気ベクトルの一方と平行な磁気ベクトル（２８）を有する少なくとも１つの抗磁層（２６）を含む第２構造（１２）であって、前記磁気ベクトル（２８）が前記基板の平坦な表面と平行な磁気軸に沿って位置すると共に一方向に固定されている第２構造（１２）と、

前記第１反強磁性結合構造と第２構造との間に平行並置されて抗磁性トンネル接合部を形成する絶縁材料（１３）とを備えることを特徴とする低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルの高密度アレイ。

【請求項３】

低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを作製する方法であって、

20

平坦な表面を有する基板（１１）を提供する段階と、

前記基板上に第１抗磁構造（１２）を付着する段階であって、第１抗磁構造（１２）は、前記基板の平坦な表面と平行な磁気軸に沿って位置すると共に一方向に固定されている磁気ベクトル（２８）を有している段階と、

前記第１抗磁構造上に絶縁材料（１３）の層を付着する段階と、

前記絶縁材料の層上に第２抗磁構造（１５）を付着する段階であって、前記絶縁材料の層上に第１の厚みを有する抗磁性材料の第１層（１７）を付着させ、前記磁気軸に沿って位置する磁気ベクトル（２０）を有する前記第１層を設ける段階と、

前記抗磁性材料の第１層上に第１非磁性導電層（１９）を付着させる段階と、

前記第１非磁性導電層上に前記第１の厚みとは異なる第２の厚みを有する抗磁性材料の第２層（１８）を付着し、前記抗磁性材料の第１層の前記磁気軸と平行な磁気ベクトル（２１）を有する第２層を設ける段階であって、前記抗磁性材料の第１および第２層と前記第１非磁性導電層とが反強磁性結合多層構造を規定し、磁界が印加されない場合に前記第２層の前記磁気ベクトルが前記第１層の前記磁気ベクトルと逆平行になる段階とを備え、

30

前記第１抗磁構造、前記絶縁材料層および前記第２抗磁構造が低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを形成することを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

（技術分野）

本発明は、一般にメモリ・セルのための磁性トンネル接合部に関し、さらに詳しくは、きわめて高密度アレイのメモリ・セルのためのきわめて小型の磁性接合部に関する。

40

【０００１】

（背景技術）

磁気ランダム・アクセス・メモリ（MRAM：magnetic random access memory）とは、大型抗磁性（GMR：giant magnetoresistive）材料または磁性トンネル接合部（MTJ：magnetic tunneling junction）構造、検知線およびワード線を基本的に具備する不揮発性メモリである。MRAMは、メモリ状態を格納するために磁気ベクトルを利用する。GMR材料またはMTJの１層または全層内の磁気ベクトルは、一定の閾値または強度を超えて磁界が磁気材料に印加されると、ある方向から他方向へときわめて迅速に切り替わる。GMR材料またはMTJ内の磁気ベクトルの方向に応じて状態が格納される。たとえば、一方向を論理「０」と定義し、他方向を論理「１」と定義することができる。GMR材料またはMTJは、磁界が印加さ

50

れなくともこれらの状態を維持する。GMR材料またはMTJ内に格納される状態は、2つの状態の抵抗の差により、検知線内のセルに検知電流を通過させることによって読み取ることができる。

【0002】

磁気メモリ・セルの非常に密度の高いアレイにおいては、アレイを現在の電子装置に利用できるだけ十分に小型に構築すると、個々のセルの寸法はきわめて小さくなる。個々のセルの寸法が小さくなるにつれて、アスペクト比（長さ／幅の比）が概して小さくなる。2層磁気メモリ・セルたとえば標準的なトンネル・セルにおいては、アスペクト比が5よりも小さくなると、セル内の磁気ベクトルは、非励起（ゼロ磁界）条件において逆平行になる。1996年9月25日に出願され同譲受人に譲渡された同時継続出願「Multi-Layer Magnetic Memory Cells with Improved Switching Characteristics」と題される第08 / 723, 159号には、逆平行磁気ベクトルを伴うセルの読み取り方法が開示される。また1997年4月7日に出願され同譲受人に譲渡された同時継続出願「Magnetic Device Having Multi-Layers with Insulating and Conductive Layers」と題される第08 / 834, 968号においては、2つの磁気層積層部にダミーの磁気層が追加されて2つの磁気層の一方に結合されて、他の磁気層が自由層になる。ダミーの磁気層を用いる方法の欠点は、2つの磁気層間の静磁気作用の打ち消しに依存し、この静磁気作用の強度はセルの幾何学的形状と層間の間隔とに依存することである。これらのパラメータは、臨界寸法が縮むと変わる。

【0003】

また、2層磁気メモリ・セル、たとえば標準的なトンネル・セルにおいては、アスペクト比が5よりも小さくなると、セルの状態を切り替えるために必要な磁界量が劇的に増大する。一般に、セルが小さくなると、セルの層はセルの状態を切り替えるために必要な磁界量を小さくするために、さらに薄くなるが、これは磁気モーメント（材料により決まる）に層の厚みを乗じた値が必要な切り替え磁界を決定するためである。磁気モーメントを小さくするためにより柔軟な磁気材料を用いることもできるが、超小型メモリ・セルについては、切り替え磁界の削減には限界がある。また、セルが小さくなると不安定になる。これは、たとえば、メモリ・セルの寸法が10nm以下の場合、セルの体積に比例する磁化のエネルギー・バリアが体積の減少に伴って減少し、熱変動エネルギーすなわちKTに近づくためである。

【0004】

従って、より少ない磁界で書き込む（切替状態を格納する）ことができ、熱変動エネルギーにより影響を受けない程の十分な体積を有する磁気ランダム・アクセス・メモリおよびメモリ・セルを提供することがきわめて望ましい。

【0005】

本発明の別の目的は、必要な切替磁界を削減するよう設計される強磁性結合磁気層を伴う新規の改善された多重状態多層磁気メモリ・セルを提供することである。

【0006】

本発明のさらに別の目的は、きわめて小型に、5未満のアスペクト比で作成することができる強磁性結合磁気層を伴う新規の改善された多重状態多層磁気メモリ・セルを提供することである。

【0007】

本発明のさらに別の目的は、磁化のエネルギー・バリアが増大された新規の改善された多重状態多層磁気メモリ・セルを提供することである。

【0008】

（産業上の利用可能性）

第1および第2抗磁層を有し、1対の抗磁層の間に平行に並置される非磁気導電層を有する反強磁性結合多層構造を備える低切替磁界抗磁性トンネル接合メモリ・セルにおいて、上記の問題および他の問題点が少なくとも部分的に解決され、上記の目的および他の目的が実現される。反強磁性結合多層構造における1対の抗磁層は、異なる厚みまたは異なる

10

20

30

40

50

磁気材料を有することにより、異なる磁界において切り替わるように構築される。また、反強磁性結合多層構造における１対の抗磁層は、それぞれ、１対の層の反強磁性結合とアスペクト比とにより磁界が印加されない状態で逆平行になる磁気ベクトルを有する。セルは、第２抗磁層のベクトルに対して一定の関係を有する磁気ベクトルを有する抗磁構造をさらに備える。絶縁材料が反強磁性結合多層構造と抗磁構造との間に平行並置されて、磁性トンネル接合部を形成する。

【０００９】

基本的には、セル内の状態を切り替えるのに必要とされる磁界は、反強磁性結合多層構造内の２つの抗磁層間の差により表される。また第１および第２構造はそれぞれ、正味の磁気モーメントをほとんど持たず、あるいは持たないように構築することができるので、メモリ・セルの正味の磁気モーメントはほとんどなく、隣接するセルに影響を与えずに隣接セルのより近くに配置することができる。

（実施例）

図１を参照して、図１は本発明による低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セル１０の拡大された簡略側面図を示す。磁性トンネル接合部１０は、一般に支持基板１１上に形成され、基板１１上に指示される抗磁構造１２と、構造１２上に配置される絶縁材料層１３と、絶縁材料層１３上に、層１３を抗磁構造１２，１５間に挟み込んでトンネル接合部を形成するよう配置される抗磁構造１５とを備える。

【００１０】

抗磁構造１５は、抗磁層１７，１８の間に平行並置される非磁気導電層１９を有する抗磁層１７，１８を備える反強磁性結合多層構造によって構成される。抗磁層１７は、基板１１の平面に平行な好適な磁気軸に沿う磁気ベクトル２０を有し、抗磁層１８は磁気ベクトル２１を有する。磁気ベクトル２０，２１は、抗磁層１７，１８の間の反強磁性結合および／または約５未満のアスペクト比のために、磁性トンネル接合部１０に磁界が印加されない場合に逆平行になる。一般に、約４未満の長さ／幅の比を有するセルにおいては、磁性材料の層（図１では層１７，１８）は反強磁性結合される。一般的に、この開示に関しては、「反強磁性結合」という用語は、逆平行状態（図１および図２に示される）のいずれか一方が安定であり、平行状態が不安定であって磁気ベクトルは常に逆平行状態に向かって移動する（反対方向を指す）ので、一定の磁界を必要とすることを意味する。抗磁構造１５の構造、形状および寸法によっては、ベクトル２０，２１を形状または磁気結晶異方性により好適な磁気軸に沿うようにすることもできる。

【００１１】

たとえば円形のセルの場合は、好適な磁化方向は、一軸結晶磁界異方性（または磁気結晶異方性）により決定することができる。この好適な磁化方向は、バイアス界または高温（たとえば摂氏２００ないし３００度）で高磁界（たとえば数kOe）において付着させた後で膜をアニーリングすることにより、膜付着中に設定される。正方形またはひし形の場合は、一軸結晶異方性は正方形の対角線方向に沿って設定することができる。楕円形または矩形のセルの場合は、一軸結晶異方性はセルの長軸に沿って設定することができる。ここで述べる好適な特徴は、狭いセル幅において必要な切替磁界を上げることには貢献する形状の影響を最小限に抑え、メモリ・セルが必要とする好適な磁化方向を設定するために磁気結晶異方性を利用することである。

【００１２】

また、抗磁層１７は、抗磁層１８の磁気ベクトル２１の切替とは異なる磁界強度において磁気ベクトル２０の方向を切り替えるよう構築される。この特徴は、図１に示されるように層１８よりも薄く（より少ない材料で）層１７を形成したり、異なる磁化で層１７を形成したり（たとえば層１８よりも柔軟な磁性材料で層１７を形成する）、あるいは寸法と磁化とを組み合わせるなど、いくつかの異なる方法で実現することができる。

【００１３】

抗磁層１７，１８は、それぞれ、ニッケル，鉄，コバルトまたはその中にパラジウムまたはプラチナを有する合金を含むこれらの合金などの強磁性材料の単層とすることができる

10

20

30

40

50

。あるいは、層 17, 18 のいずれか一方を、1 層のコバルト - 鉄を覆うニッケル - 鉄 - コバルト層またはコバルト - 鉄およびニッケル - 鉄 - コバルトや、隣接層との界面にコバルト - 鉄を含むコバルト - 鉄を含む 3 層構造などの複合強磁性層とすることができる。非磁性導電層 19 に適する材料には、銅などの大半の絶縁性導電材料が含まれる。

【0014】

好適な磁気軸に平行な磁気ベクトルを有する少なくとも 1 つの抗磁層を含む抗磁構造 12 が基板 11 上に配置され、絶縁材料層 13 が構造 12, 15 の間に平行並置されて磁性トンネル接合部 10 を形成する。図 1 においては、抗磁構造 12 は構造 15 と同様に図示され、非磁性導電層 27 により隔てられる抗磁層 25, 26 を備える。ここでは、絶縁材料層 13 に隣接する層 17, 26 のみが磁性トンネル接合部 10 の磁気抵抗またはモード変化に貢献することに注目されたい。抗磁層 26 は、一般に磁性トンネル接合部 10 の動作において好適な磁気軸に沿う 1 方向に固定される磁気ベクトル 28 を有する。このため、抗磁構造 12 は、絶縁材料層 13 に隣接する固定磁気ベクトルを有して磁性トンネル接合部を作成する抗磁層を含む実質的に任意の構造とすることができ、これは実質的にゼロの磁気モーメントを有して隣接セルに対する影響を最小限に抑える。

10

【0015】

トンネル接合型の磁気セルにおいては、層 13 は、バリアまたはトンネル層であり、反強磁性層 17, 26 の間にそれがあるために、層 17 から層 26 に（またはその逆に）層 13 を垂直に電流が流れることを可能にするトンネル接合部を生成する。基本的には、磁性トンネル接合部 10 は、比較的高インピーダンス（ここでは抵抗 R ）と見えるが、このインピーダンスはセルの正方形の領域と一般的に数千オームたとえば 10 ないし 1000 k オームの誘電構造とに依存する。層 17, 26 内の磁化ベクトルが図 1 に示されるように逆平行の場合は、磁性トンネル接合部 10 の抵抗は非常に高いままになる。層 17, 26 内の磁化ベクトルが図 2 に示されるように平行の場合は、抗磁性トンネル接合部 10 の抵抗 R はかなり下がる。

20

【0016】

特定の例においては、層 17 は約 50 オングストローム厚のコバルト (Co) で形成され、層 13 は約 15 オングストローム厚の酸化アルミニウム (Al_2O_3) で形成され、層 26 は約 50 オングストローム厚のニッケル鉄 (NiFe) で形成される。この例では層 17 より厚い層 18 は約 60 オングストローム厚であり、層 25 がある場合は同様の厚みを有する。磁性トンネル接合部 20 の状態は、それを貫通して層 18 から層 25（あるいはその逆）に検知電流を通過させることにより比較的容易に検知される。磁性トンネル接合部 20 の抵抗の変化は、メモリ・アレイなどと組み合わせて便宜に利用することのできる磁性トンネル接合部 10 の両端の電圧降下の変化として容易に読み取られる。

30

【0017】

特に図 2 を参照して、図 1 の構造と同様の構造が異なるモードにおいて図示され、多少異なる実施例が図示されるが、同様の構成部品には異なる実施例であることを示すためにプライム記号を伴う同様の番号が振られる。この実施例においては、構造 15' の層 17', 18' 間の逆平行結合は、層 17', 18', 19' の露出端を囲うために配置されるフラックス閉塞材料 30' を追加することにより強化される。フラックス閉塞材料 30' は、フラックス線を囲む、あるいは各層間に磁気回路を完成させる任意の柔軟材料である。柔軟な磁気材料 30' はそれぞれ層 17', 18' から閉ループ内に単純に磁界線を導いて端部の磁極をさらに削減し、大幅に浮遊磁界を減らす。層 25', 26', 27' がある場合は、これらの層と組み合わせて同様のフラックス閉塞材料を用いることができる。

40

【0018】

次に図 3 ないし図 9 を参照して、図 1 のモードから図 2 のモードへと低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セル 10 を切り替える際のいくつかの段階を図示する。特に図 3 は、図 1 の逆平行位置にある抗磁層 17 のベクトル 20 と抗磁層 18 のベクトル 21 とを図示する。この位置において、ベクトル 20 は抗磁層 26 のベクトル 28 と逆平行であるので

50

、磁性トンネル接合メモリ・セル10は高抵抗モードにある。磁性トンネル接合メモリ・セル10を(図2に図示される)低抵抗モードに切り替えるには、図4に示されるようなベクトル21と平行位置にベクトル20を切り替えるためには十分な小さな初期磁界を磁性トンネル接合メモリ・セル10に印加する。次に、より大きな正の磁界を抗磁性トンネル接合メモリ・セル10に印加すると、これによりベクトル20, 21が逆方向に180度回転する。これを図5, 6, 7の移行状態によりそれぞれ示す。最後に、ベクトル20, 21は図8に示される逆方向に切り替えられ、磁界が除去されるとベクトル20は再び図9に示す逆平行状態になる。図9に示される逆平行状態は安定状態であり、磁性トンネル接合メモリ・セル10の低抵抗モードを表す。

【0019】

抗磁層17, 18の磁気ベクトル20, 21は逆方向に180度回転するので、磁気モーメントは互いに打ち消す傾向にあり、切替動作を実行するために必要な磁界量が最小限になる。切替動作を実行するために必要な磁界量は、主として抗磁層17, 18間の厚みまたは材料の差に依存する。すなわち、ベクトル20, 21の安定状態が逆平行であるので、層17, 18のいずれか一方が他方とは異なる磁界強度で切り替わるように形成することにより、モード切替により、ベクトル20, 21が逆方向に回転して磁気モーメントを打ち消すという利点が結果として得られる。

【0020】

本構造によって実現される別の利点は、逆平行ベクトル20, 21により、抗磁性トンネル接合メモリ・セル10に関する総合的な磁気モーメントがほとんどなくなるということである。この低磁気モーメントは、図2に示されるフラックス閉塞材料30'によりさらに強化される。また抗磁性トンネル接合メモリ・セル10の寸法が10nmに近づくと、磁化のエネルギー・バリア(体積に比例する)が熱変動エネルギー(KT)に近くなる。これによりセルは不安定になる。本発明においては、全体的な寸法を不安定なレベルまで下げずに切替磁界を実質的に下げることができる。かくして、同時に相対する方向に切り替わる2つの層を有することの利点は、切替磁界が2つの切替層間の厚みの差、さらに正確には厚みと磁化の積の差により決まるということである。このため、両方の層に十分に厚みを持たせて2つの異なる磁気状態に関するエネルギー・バリアを熱変動エネルギーよりも高くすることができる。

【0021】

次に図10を参照して、本発明による低切替磁界抗磁性トンネル接合メモリ・セル46の高密度アレイ45の簡単な上面図が図示される。アレイ45は、制御電子部と実用的な場合には他の周辺機器とを含む基板構造47上に形成される。また、反強磁性層などが構造12のピン・ベクトル28に対する基板構造47の一部として一定位置に含まれる場合は、層をブランケット層として形成し、各セル46と共働するようにすることもできる。たとえば共通の行にあるセル46は、隣接セルの下部磁気層に接続される上部磁気層を有して、共通の検知線48を形成する。さらに、破線で示されるワード線49が共通行内にあるセル46に結合されて、上記のようにセルに情報を書き込む。セル10の磁気モーメントがゼロあるいは基本的にゼロであるために、この種のセルはきわめて近接して配置することができ、これらのセルのアレイ密度を大幅に大きくすることができる。

【0022】

以上、より少ない磁界で書き込む(切替状態を格納する)ことのできる新規の改善された磁気ランダム・アクセス・メモリおよびメモリ・セルが開示された。また、反強磁性結合磁気層を有する新規の改善された多重状態多層磁気メモリ・セルは、より少ない磁界で書き込む(切替状態を格納する)ことができ、熱変動エネルギーによる影響を受けない程度の十分な体積を有する。さらに、開示される反強磁性結合磁気層を有する新規の改善された多重状態多層磁気メモリ・セルは、アレイ内の隣接セルとの磁気作用が少なく、きわめて小型に、5未満のアスペクト比で作成することができる。さらに、新規の改善された多重状態多層磁気メモリ・セルは製造と使用が容易で、その寸法ゆえに高密度アレイのセルとなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

本発明の特定の実施例を図示および説明したが、さらなる改良および改善が当業者には可能であろう。従って、本発明は図示される特定の形式に限られないことを理解頂きたく、添付の請求項が本発明の精神および範囲から逸脱しないすべての修正を包含することを意図する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルの簡略化された側面図である。

【図 2】 異なるモードおよび変形を示す図 1 と同様の図である。

【図 3】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

10

【図 4】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

【図 5】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

【図 6】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

【図 7】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

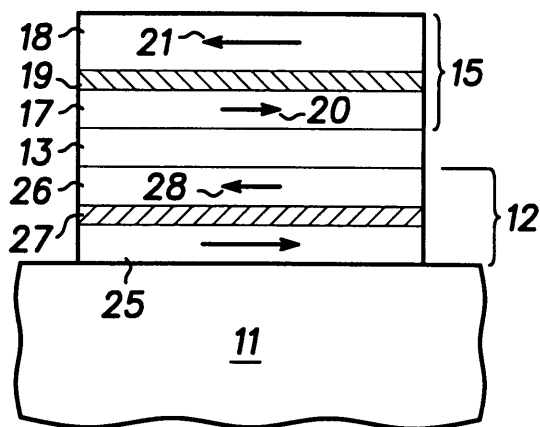
【図 8】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

20

【図 9】 図 1 のモードから図 2 のモードまで低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルを切り替える段階を示す。

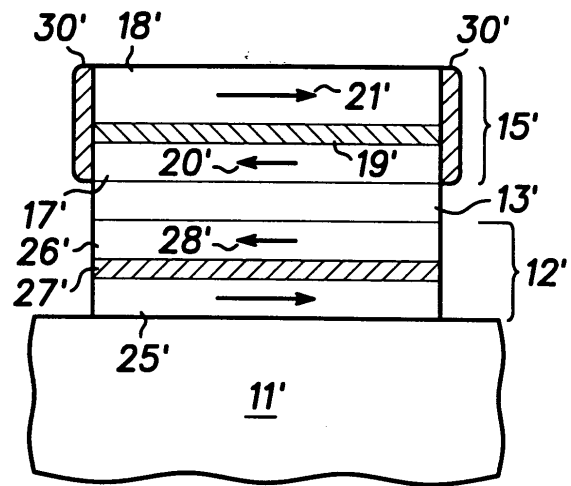
【図 10】 本発明による低切替磁界磁性トンネル接合メモリ・セルのアレイの簡略化された上面図である。

【図 1】



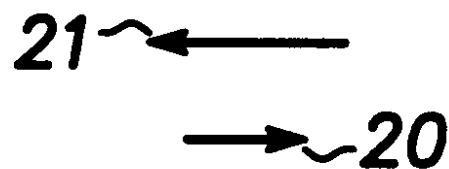
10

【図 2】

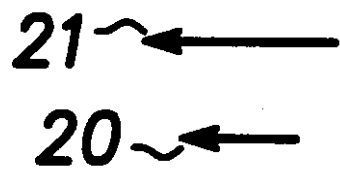


10'

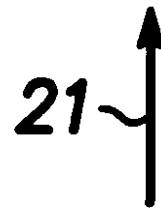
【図 3】



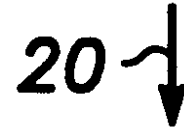
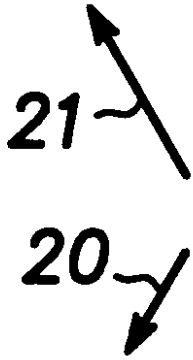
【図 4】



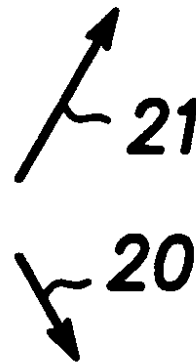
【図 6】



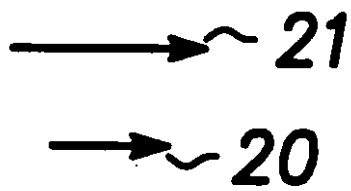
【図 5】



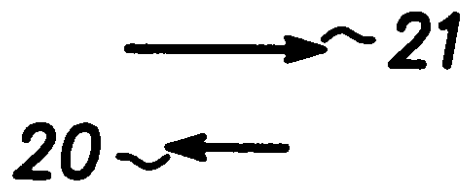
【図 7】



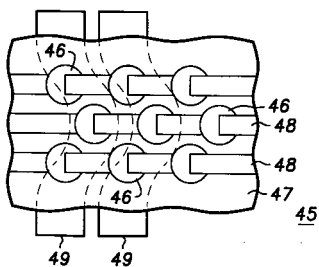
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 43/12 (2006.01)

(72)発明者 サイエド・エヌ・テラニ

アメリカ合衆国アリゾナ州テンペ、イースト・パロミノ・ドライブ1917

審査官 三浦 尊裕

(56)参考文献 米国特許第05768183(US,A)

米国特許第05768181(US,A)

特開平9-251621(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/8246

G11C 11/14

G11C 11/15

H01L 27/105

H01L 43/08

H01L 43/12