

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2012-518867  
(P2012-518867A)

(43) 公表日 平成24年8月16日 (2012.8.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 C 11/15 (2006.01)	G 1 1 C 11/15 1 5 0	5 F 0 9 2
H O 1 L 43/08 (2006.01)	H O 1 L 43/08 Z	
H O 1 L 29/82 (2006.01)	H O 1 L 29/82 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-551276 (P2011-551276)	(71) 出願人 500373758 シーゲイト テクノロジー エルエルシー アメリカ合衆国、9 5 0 1 4 カリフォル ニア州、クパチーノ、サウス・デ・アンザ ・ブルーバード、1 0 2 0 0
(86) (22) 出願日 平成22年2月22日 (2010.2.22)	
(85) 翻訳文提出日 平成23年10月17日 (2011.10.17)	
(86) 国際出願番号 PCT/US2010/024928	
(87) 国際公開番号 W02010/096768	
(87) 国際公開日 平成22年8月26日 (2010.8.26)	(74) 代理人 110001195 特許業務法人深見特許事務所
(31) 優先権主張番号 12/390,006	(72) 発明者 チョン, イェンカイ アメリカ合衆国、5 5 4 3 7 ミネソタ州 、ブルーミントン、ウェスト・ワンハンド レッドアンドセカンド・ストリート、5 2 2 0、アパートメント・2 0 7
(32) 優先日 平成21年2月20日 (2009.2.20)	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピン転移トルクメモリの自己参照読出方法

(57) 【要約】

磁気トンネル接合データセルの自己参照読出が開示される。例証的な方法は、磁気トンネル接合データセルに読出電圧を印加して読出電流を形成するステップを含む。磁気トンネル接合データセルは第1の抵抗状態を有する。読出電圧は、磁気トンネル接合データセルの抵抗を切換えるのに十分である。方法は、読出電流を検出して読出電流が印加するステップの間に一定に保たれているかどうかを判定するステップを含む。印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているならば、磁気トンネル接合データセルの第1の抵抗状態は読出電圧が磁気トンネル接合データセルを切換えるのに十分であった抵抗状態である。

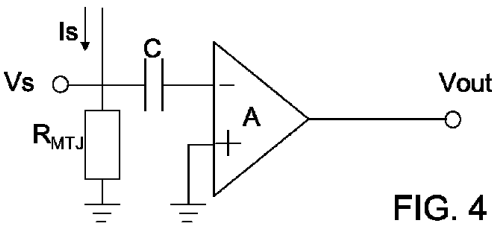


FIG. 4

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

磁気トンネル接合データセルの自己参照読出の方法であって、

磁気トンネル接合データセルに読出電圧を印加して読出電流を形成するステップを備え、前記磁気トンネル接合データセルは第 1 の抵抗状態を有し、前記読出電圧は、前記磁気トンネル接合データセルの抵抗を切換えるのに十分であり、

前記読出電流を検出するステップと、

前記印加するステップの間に前記読出電流が一定に保たれているかどうかを判定して、前記印加するステップの間に前記読出電流が一定に保たれているならば、前記磁気トンネル接合データセルの前記第 1 の抵抗状態が、前記読出電圧が前記磁気トンネル接合データセルを切換えるのに十分であった抵抗状態であると判定するステップとを備える、方法。

10

**【請求項 2】**

前記印加するステップは、0.1 から 50 ナノ秒までの範囲内の期間を有する、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

前記印加するステップは、0.1 から 25 ナノ秒までの範囲内の期間を有する、請求項 2 に記載の方法。

**【請求項 4】**

前記読出電圧は、前記磁気トンネル接合データセルを高抵抗状態から低抵抗状態へと切換えるのに十分であり、前記第 1 の抵抗状態は前記低抵抗状態である、請求項 1 に記載の方法。

20

**【請求項 5】**

前記読出電圧は、前記磁気トンネル接合データセルを低抵抗状態から高抵抗状態へと切換えるのに十分であり、前記第 1 の抵抗状態は、前記高抵抗状態である、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記印加するステップの間に前記読出電流が増加するかどうかを判定して、前記印加するステップの間に前記読出電流が増加するならば、前記磁気トンネル接合データセルの前記第 1 の抵抗状態が高抵抗状態であると判定するステップをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

30

**【請求項 7】**

前記磁気トンネル接合データセルに前記高抵抗状態を書き戻しするステップをさらに備える、請求項 6 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記印加するステップの間に前記読出電流が減少するかどうかを判定して、前記印加するステップの間に前記読出電流が減少するならば、前記磁気トンネル接合データセルの前記第 1 の抵抗状態が低抵抗状態であると判定するステップをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記磁気トンネル接合データセルに前記低抵抗状態を書き戻しするステップをさらに備える、請求項 8 に記載の方法。

40

**【請求項 10】**

磁気トンネル接合データセルの自己参照読出の方法であって、

磁気トンネル接合データセルに読出電流を印加して読出電圧を形成するステップを備え、前記磁気トンネル接合データセルは第 1 の抵抗状態を有し、前記読出電流は、前記磁気トンネル接合データセルの抵抗を切換えるのに十分であり、

前記読出電圧を検出するステップと、

前記印加するステップの間に前記読出電圧が一定に保たれているかどうかを判定して、前記印加するステップの間に前記読出電圧が一定に保たれているならば、前記磁気トンネル接合データセルの前記第 1 の抵抗状態が、前記読出電流が前記磁気トンネル接合データ

50

セルを切換えるのに十分であった抵抗状態であると判定するステップとを備える、方法。

【請求項 1 1】

前記印加するステップは、0.1 から 50 ナノ秒までの範囲内の期間を有する、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記読出電流は、前記磁気トンネル接合データセルを高抵抗状態から低抵抗状態へと切換えるのに十分であり、前記第 1 の抵抗状態は前記低抵抗状態である、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記読出電圧は、前記磁気トンネル接合データセルを低抵抗状態から高抵抗状態へと切換えるのに十分であり、前記第 1 の抵抗状態は、前記高抵抗状態である、請求項 1 0 に記載の方法。

10

【請求項 1 4】

前記印加するステップの間に前記読出電圧が減少するかどうかを判定して、前記印加するステップの間に前記読出電圧が減少するならば、前記磁気トンネル接合データセルの前記第 1 の抵抗状態が高抵抗状態であると判定するステップをさらに備える、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記読出電圧は、100 mV よりも多く減少する、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記磁気トンネル接合データセルに前記高抵抗状態を書き戻しするステップをさらに備える、請求項 1 4 に記載の方法。

20

【請求項 1 7】

前記印加するステップの間に前記読出電圧が増加するかどうかを判定して、前記印加するステップの間に前記読出電圧が増加するならば、前記磁気トンネル接合データセルの前記第 1 の抵抗状態が低抵抗状態であると判定するステップをさらに備える、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記磁気トンネル接合データセルに前記低抵抗状態を書き戻しするステップをさらに備える、請求項 1 7 に記載の方法。

30

【請求項 1 9】

磁気メモリ装置であって、

スピン偏極されたスイッチング電流の印加により、高抵抗データ状態と低抵抗データ状態の間で切換可能な磁気トンネル接合データセルと、

前記磁気トンネル接合データセルに電氣的に接続されたスイッチング電流源またはスイッチング電圧源と、

前記磁気トンネル接合データセルに電氣的に結合されて、スイッチング電流またはスイッチング電圧が前記磁気トンネル接合データセルに印加されたときに 50 ナノ秒未満の時間間隔内で読出電流または読出電圧の変化を検出する電圧微分器または電流微分器とを備える、磁気メモリ装置。

40

【請求項 2 0】

前記電圧微分器または電流微分器は、前記読出電流または読出電圧の変化を、10 ナノ秒未満の時間間隔内で検出する、請求項 1 9 に記載の磁気メモリ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本出願は 2008 年 11 月 5 日に出願された米国仮出願第 61/111,354 の利益を主張し、その内容は全体的に参照によって本明細書に取り入れられる。

【0002】

50

## 背景

広がるコンピュータおよび携帯／通信産業の急速な成長は、高容量の不揮発性ソリッドステートデータ記憶素子に対する爆発的な需要を生み出している。フラッシュメモリは、1つのそのようなデバイスであるが、遅いアクセス速度（ $\sim ms$ の書込および $\sim 50 - 100 ns$ の読出）、制限された耐久性（ $\sim 10^3 - 10^4$ のプログラミング回数）、およびシステムオンチップ（SOC）に集積化することの難しさといったような、いくつかの欠点を有する。フラッシュメモリ（NANDまたはNOR）は、また、 $32 nm$ ノード、および、それより先での重要なスケーリング問題に直面する。

### 【0003】

磁気抵抗ランダムアクセスメモリ（MRAM）は、不揮発性および普遍のメモリに対する別の有望な候補である。MRAMは、不揮発性、高い書込／読出速度（ $< 10 ns$ ）、ほとんど制限のないプログラミング耐久性（ $> 10^{15}$ サイクル）、および待機電力が0であるという特徴を有する。MRAMの基本的な構成要素は、磁気トンネル接合（MTJ）である。データの記憶は、高抵抗状態と低抵抗状態との間でMTJの抵抗を切換えることによって実現される。MRAMは、MTJの磁化を切換えるための、電流で誘起された磁場を用いることによってMTJ抵抗を切換える。MTJのサイズが縮小されるにつれて切換磁場の大きさが増大し、切換の変動がより厳しくなる。

### 【発明の概要】

### 【発明が解決しようとする課題】

### 【0004】

スピン偏極電流がMRAMの設計において磁化の切換を誘起するために用いられうる。スピン転移（Transfer）トルクRAM（STRAM）は、MTJを流れる（双方向の）電流を用いて抵抗の切換を実現する。STRAMの切換機構は局所的に制約されて、STRAMは従来のMRAMよりも優れたスケーリング特性を有すると考えられる。しかしながらセルが縮小されるにつれてSTRAMセルの読出が困難となる。

### 【課題を解決するための手段】

### 【0005】

#### 簡単な要約

本開示は、スピン転移トルクランダムアクセスメモリの自己参照読出動作およびそのための装置に関する。特に、本開示は、スピン転移トルクランダムアクセスメモリの自己参照読出動作に関する。

### 【0006】

磁気トンネル接合データセルの読出の1つの例示的な方法は、磁気トンネル接合データセルに読出電圧を印加して読出電流を形成するステップを含む。磁気トンネル接合データセルは第1の抵抗状態を有する。読出電圧は、磁気トンネル接合データセルの抵抗を切換えるのに十分である。方法は、読出電流を検出するステップと、印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているかどうかを判定するステップとを含む。印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているならば、磁気トンネル接合データセルの第1の抵抗状態は、読出電圧が磁気トンネル接合データセルを切換えるのに十分であった抵抗状態である。

### 【0007】

磁気トンネル接合データセルの自己参照読出の別の例示的な方法は、磁気トンネル接合データセルに読出電流を印加して読出電圧を形成するステップを含む。磁気トンネル接合データセルは第1の抵抗状態を有する。読出電流は、磁気トンネル接合データセルの抵抗を切換えるのに十分である。方法は、読出電圧を検出するステップと、印加するステップの間に読出電圧が一定に保たれているかどうかを判定するステップとを含む。印加するステップの間に読出電圧が一定に保たれているならば、磁気トンネル接合データセルの第1の抵抗状態は、読出電流が磁気トンネル接合データセルを切換えるのに十分であった抵抗状態である。

### 【0008】

別の実施形態は、スピン偏極切替電流の印加によって高抵抗状態と低抵抗状態との間で切替可能な磁気トンネル接合データセルと、磁気トンネル接合データセルに電氣的に結合されたスイッチング電流源またはスイッチング電圧源とを有する磁気記憶装置を含む。電圧微分器 (differentiator) または電流微分器が磁気トンネル接合データセルに電氣的に結合されて、スイッチング電流またはスイッチング電圧が磁気トンネル接合データセルに印加されたときに、50ナノ秒未満の時間間隔内で読出電流または読出電圧の変化を検出する。

#### 【0009】

本開示は、添付の図面と関連して、以下に続く本開示のさまざまな実施形態の詳細な説明を考慮することで、より完全に理解され得る。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0010】

【図1】低抵抗状態における例示的なスピン転移トルクMTJメモリユニットの断面概略図である。

【図2】高抵抗状態における別のスピン転移トルクMTJメモリユニットの断面概略図である。

【図3】スピン転移トルクMTJメモリユニットの概略的な回路図である。

【図4】例示的なスピン転移トルクMTJメモリ読出検出装置の概略的な回路図である。

【図5】図5に示された読出検出装置の例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

【図6】抵抗状態が高抵抗状態から低抵抗状態へと切り替わる場合のスピン転移トルクMTJメモリユニットの静的R-V (抵抗-電圧) 曲線のグラフである。

【図7】スピン転移トルクMTJメモリユニットが高抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧における読出電流検出のための、例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

【図8】スピン転移トルクMTJメモリユニットが低抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧における読出電流検出のための、例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

【図9】抵抗状態が高抵抗状態から低抵抗状態へと切り替わる場合のスピン転移トルクMTJメモリユニットの静的R-I (抵抗-電流) 曲線のグラフである。

【図10】スピン転移トルクMTJメモリユニットが高抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧における読出電流検出のための例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

【図11】スピン転移トルクMTJメモリユニットが低抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧での読出電流検出のための例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

【図12A】MTJを高抵抗状態から低抵抗状態へと切替えるのに十分な電圧が印加されたときの読出電流を検知する、例示的な自己参照読出方法のフロー図である。

【図12B】MTJを低抵抗状態から高抵抗状態へと切替えるのに十分な電圧が印加されたときの読出電流を検知する、例示的な自己参照読出方法のフロー図である。

【図13】読出電圧を検知する、例示的な自己参照読出方法のフロー図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0011】

図面は必ずしも縮尺する必要がない。図面で用いられる同様の符号は同様の要素を参照する。しかしながら、特定の図面中の要素を参照するために符号を使用することが、別の図面において同じ符号が付された要素を制限することを意図するものではないということが理解されるであろう。

#### 【0012】

#### 詳細な説明

以下の説明において、説明の一部を形成する添付の図面の組が参照され、図面においては、図示によって、いくつかの特定の実施形態が示される。他の実施形態が意図されると

10

20

30

40

50

ともに、本開示の範囲または精神から逸脱することなくなされ得るということが理解されるべきである。したがって、以下の詳細な説明は限定する意味で解釈されるべきではない。本明細書で与えられる定義は、本明細書で頻繁に用いられる特定の用語の理解を容易にするためのものであり、本開示の範囲を制限することを意味するものではない。

#### 【0013】

それ以外が示されていなければ、明細書および特許請求の範囲で用いられるフィーチャ（feature）のサイズ、量および物理特性を表わすすべての数は、「約（about）」との用語によって、すべての例において変更されるということが理解されるべきである。したがって、逆に示されていなければ、上述の明細書および添付の特許請求の範囲において説明される数値パラメータは近似であって、その近似は、本明細書に開示された教示を利用する当業者によって取得されることが目指される所望の特性に依存して変化し得る。

10

#### 【0014】

端点による数値範囲の記述は、その範囲内に包含されるすべての数（たとえば1から5は、1, 1.5, 2, 2.75, 3, 3.80, 4.5を含む）およびその範囲内の任意の範囲を含む。

#### 【0015】

この明細書および添付の特許請求の範囲において用いられるように、単数形「a」、「an」、「the」は、その内容が明らかにそれ以外を示さない限りは、複数の対象を有する実施形態を包含する。この明細書および添付の特許請求の範囲において用いられるように、「または（or）」との用語は、その内容が明らかにそれ以外を示さない限りは、概して「および／または（and/or）」を含む意味において用いられる。

20

#### 【0016】

本開示は、スピン転移トルクメモリ装置および自己参照読出方法に関する。特に、本開示は、スピン転移トルクメモリユニットが高抵抗状態または低抵抗状態のいずれを有しているかを判定するための自己参照読出方法に関する。多くの実施形態において、読出電流または読出電圧は、磁気トンネル接合データセルの抵抗状態を切換えるのに十分であるが、磁気トンネル接合データセルに印加される。結果的な読出電流または読出電圧が検出されて、電圧または電流の跳躍（jump）または下降（drop）が検出されるならば、磁気トンネル接合データセルの抵抗状態が、読出電流または読出電圧が磁気トンネル接合を切換えるのに十分であったという反対のデータ状態であると判定される。結果的な読出電流または結果的な読出電圧が一定のままに保たれるならば、磁気トンネル接合データセルの抵抗状態が、読出電流または読出電圧が磁気トンネル接合を切換えるのに十分であったデータ状態であると判定される。結果的な読出電圧または結果的な読出電流の跳躍または下降が検出されるならば、書き戻し（write back）動作が磁気トンネル接合データセルを元の抵抗データ状態に戻す。開示された方法は、大きく利用可能な検出信号と高速の読出速度とを提供する。本開示は特に限定されるものではないが、以下に与えられる例の議論を通じて、本開示のさまざまな局面の理解が得られるであろう。

30

#### 【0017】

図1は、低抵抗状態における例示的なスピン転移トルクMTJメモリユニット10の断面概略図であり、図2は、高抵抗状態における別のスピン転移トルクMTJメモリユニット10の断面概略図である。磁気トンネル接合（MTJ）メモリユニット10は、強磁性自由層12と、強磁性リファレンス（すなわち固定された）層14とを含む。強磁性自由層12と強磁性リファレンス層14とは酸化バリア層13またはトンネルバリアによって分離される。第1の電極15は強磁性自由層12と電氣的に接触し、第2の電極16は、強磁性リファレンス層14と電氣的に接触している。強磁性層12, 14は、たとえば、Fe, Co, Niのような任意の実用的な強磁性（FM）合金からなり得て、絶縁バリア層13は、たとえば酸化物材料（たとえば $\text{Al}_2\text{O}_3$ または $\text{MgO}$ ）のような電氣的絶縁材料からなり得る。他の適切な材料もまた用いられ得る。

40

#### 【0018】

電極15, 16は、強磁性層12, 14を流れる読出電流および書込電流を与える制御

50

回路に、強磁性層 12, 14 を電氣的に接続する。スピン転移トルク M T J メモリユニット 10 の抵抗は、強磁性層 12, 14 の磁化ベクトルまたは磁化方向によって決定される。強磁性リファレンス層 14 の磁化方向は所定方向に固定される一方で、強磁性自由層 12 の磁化方向はスピントルクの影響下で自由に回転する。強磁性リファレンス層 14 の固定は、たとえば、PtMn、IrMn およびその他のような反強磁性に秩序付けられた材料での交換バイアスの使用を通じて達成され得る。リファレンス磁性層 14 は、単一の強磁性層であり得るが、複数の層を含んでもよく、複数の層は、たとえば、1 対の強磁性的に結合された強磁性層、反強磁性固定層と強磁性固定層、合成反強磁性層、または反強磁性層を有する合成反強磁性層である。

#### 【0019】

図 1 は、低抵抗状態でのスピン転移トルク M T J メモリユニット 10 を示し、低抵抗状態では、強磁性自由層 12 の磁化方向が強磁性リファレンス層 14 の磁化方向と平行であり同じ方向である。これは、低抵抗状態または「0」データ状態と呼ばれる。図 2 は、高抵抗状態でのスピン転移トルク M T J メモリユニット 10 を示し、高抵抗状態では、強磁性自由層 12 の磁化方向が強磁性リファレンス層 14 の磁化方向と反平行であり逆方向にある。これは高抵抗状態または「1」データ状態と呼ばれる。

#### 【0020】

M T J メモリユニット 10 の磁気層を通る電流がスピン偏極されて、M T J 10 の自由層 12 にスピントルクを与える場合に、スピン転移を介して、M T J メモリユニット 10 の抵抗状態すなわちデータ状態を切換えることが起こる。十分なスピントルクが自由層 12 に与えられた場合、自由層 12 の磁化方向は、2 つの反対方向の間で切換わり得て、したがって、電流の方向に依存して、M T J 10 が平行状態（すなわち低抵抗状態または「0」データ状態）と反平行状態（すなわち高抵抗状態または「1」データ状態）との間で切換わり得る。

#### 【0021】

例示的なスピン転移トルク M T J メモリユニット 10 は、固定された磁気層 14 に対する自由磁気層 12 の相対的な磁化状態を変化させることによってデータビットがスピン転移トルク M T J メモリユニットに記憶される、複数の M T J メモリユニットを含むメモリデバイスを構築するために用いられ得る。記憶されたデータビットは、セルの抵抗を測定することによって読出され得るが、セルの抵抗は、固定された磁気層に対する自由層の磁化方向によって変化する。スピン転移トルク M T J メモリユニット 10 が不揮発性ランダムアクセスメモリの特性を有するために、自由層はランダムな変動に対して熱安定性を示し、その結果、自由層の方向は、そのような変化が生じるようにそれが制御された場合のみ変化する。この熱安定性は、たとえばビットサイズ、形状および結晶異方性を変化させるといった異なる方法を用いることによる磁気異方性によって達成し得る。一般的に、異方性は、薄い磁気層において容易軸 (soft axis) と困難軸 (hard axis) とを形成する。困難軸と容易軸とは、通常では磁場の形をとる外部エネルギーの大きさにより定義され、外部エネルギーは、より高い飽和磁場を要求する困難軸により、磁化の方向をその方向に完全に回転させる（飽和させる）ことが必要とされる。

#### 【0022】

図 3 は、例示的なスピン転移トルク M T J メモリユニット M T J の概略図である。スピン転移トルク M T J メモリユニット M T J は、たとえば N M O S トランジスタのようなトランジスタに直列に接続される。スピン転移トルク M T J メモリユニット M T J の反対側は、ビット線 B L に電氣的に接続される。トランジスタはソース線 S L およびワード線 W L に電氣的に結合される。図 3 に示されるように、回路図において、M T J は可変抵抗としてモデル化されることができる。

#### 【0023】

図 4 は、本明細書で記載された読出動作の間に、電圧（または電流）の跳躍または下降を検出するための例示的なスピン転移トルク M T J メモリ装置の概略的な回路図である。検出回路は、微分器として記述されることができる。磁気トンネル接合データセル  $R_{MTJ}$

10

20

30

40

50

(上記のとおり)は、電流源  $I_S$  (または電圧源  $V_S$ ) と電氣的に接続されて、キャパシタ  $C$  が磁気トンネル接合データセル  $R_{MTJ}$  とセンスアンプ  $A$  との間に電氣的に結合される。センスアンプ  $A$  は電圧出力  $V_{OUT}$  を与える。任意の電圧変化が微分器によって検出されることができる。例示的な詳細な信号が図 5 に示される。

#### 【0024】

図 5 は、電流源  $I_S$  の適用と対応する結果的な電圧降下  $V_S$  を示す。電圧出力  $V_{OUT}$  は、3 つの電圧スパイクを示す。クロック  $CLOCK$  は不要な初期および終期の (信号検出の初期および終期における) 電圧スパイクを除去するために用いられる。結果的な電圧出力  $V_{OUT1}$  は、磁気トンネル接合データセル  $R_{MTJ}$  の抵抗状態の切換 (この例においては高抵抗状態から低抵抗状態) による電圧降下を示す。したがって、読出動作は、磁気トンネル接合データセル  $R_{MTJ}$  が高抵抗状態であったことを示す。書き戻し動作は、したがって、磁気トンネル接合データセル  $R_{MTJ}$  を元の高抵抗状態に戻すように実行されることができる。

10

#### 【0025】

図 6 は、抵抗状態が高抵抗状態から低抵抗状態に切換わる場合のスピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットの静的  $R - V$  (抵抗 - 電圧) 曲線のグラフである。図 1 または図 2 における第 2 の電極 16 に正の電圧が印加されるときに、 $MTJ10$  は、図 6 における正の印加電圧領域に入り、高抵抗状態 (図 2) から低抵抗状態 (図 1) へと切換わる。図 1 または図 2 における第 1 の電極 15 に正の電圧が印加されたときに、 $MTJ10$  は、図 6 における負の印加電圧領域に入る。 $MTJ$  の抵抗は低抵抗状態 (図 1) から高抵抗状態 (図 2) へと切換わる。

20

#### 【0026】

図 7 は、スピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットが高抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧における読出電流検出のための、例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。図 8 は、スピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットが低抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧における読出電流検出のための、例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

#### 【0027】

読出電圧  $V_S$  は、磁気トンネル接合データセルまたはスピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットに印加される。読出電圧  $V_S$  は、磁気トンネル接合データセルの抵抗状態を (この例では高抵抗状態から低抵抗状態へと) 切換えるのに十分な臨界的な電圧以上である。読出電圧  $V_S$  は、0.1 ~ 50 ナノ秒、または 0.1 ~ 25 ナノ秒または 0.1 ~ 10 ナノ秒の期間の間印加される。したがって、読出動作は高速動作である。図 7 および図 8 に示されるように、電圧パルスの間、磁気トンネル接合データセルを通る結果的な (すなわち検知された) 読出電流  $I_S$  が検出される。図 7 は、高抵抗状態  $R1$  にある磁気トンネル接合データセルおよび低抵抗状態  $R0$  への切換わりを示す。検知された読出電流  $I_S$  の跳躍 (増加) は、読出動作の間に起こる。図 8 は、低抵抗状態  $R0$  にある磁気トンネル接合データセルを示す。検知された読出電流  $I_S$  は、読出動作の間一定に保たれる。他の実施形態において、読出電圧は、磁気トンネル接合データセルのデータ抵抗状態を低抵抗状態から高抵抗状態へと切換えるのに十分な、臨界的な電圧以上である。

30

40

#### 【0028】

図 9 は、抵抗状態が高抵抗状態から低抵抗状態へと切り替わる場合のスピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットの静的  $R - I$  (抵抗 - 電流) 曲線のグラフである。図 10 は、スピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットが高抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧における読出電流検出のための例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。図 11 は、スピン転移トルク  $MTJ$  メモリユニットが低抵抗状態にあるときに、高抵抗状態から低抵抗状態へのスイッチング電圧での読出電流検出のための例示的な、詳細な信号タイミンググラフである。

#### 【0029】

読出電流  $I_S$  は、磁気トンネル接合データセルまたはスピン転移トルク  $MTJ$  メモリユ

50



ニットに印加される。読出電流  $I_S$  は、磁気トンネル接合データセルのデータ抵抗状態を（この例では高抵抗状態から低抵抗状態へと）切換えるのに十分な、臨界的な電流以上である。読出電流  $I_S$  は、 $0.1 \sim 50$  ナノ秒または  $0.1 \sim 25$  ナノ秒、または  $0.1 \sim 10$  ナノ秒の期間の間印加される。したがって、読出動作は高速動作である。図 10 および図 11 に示されるように、電流パルスの間、磁気トンネル接合データセルを通る結果的な（すなわち検知された）読出電圧  $V_S$  が検出される。図 10 は、高抵抗状態 R1 にある磁気トンネル接合データセルおよび低抵抗状態 R0 への切換わりを示す。検知された読出電圧  $V_S$  の下降（低下）は、読出動作の間に起こる。多くの実施形態において、電圧変化は  $100 \text{ mV}$  以上であり得る。図 11 は、低抵抗状態 R0 にある磁気トンネル接合データセルを示す。検知された読出電圧  $V_S$  は、読出動作の間一定に保たれる。他の実施形態において、読出電流は、磁気トンネル接合データセルのデータ抵抗状態を低抵抗状態から高抵抗状態へと切換えるのに十分な臨界的な電流以上である。

10

20

30

40

50

#### 【0030】

図 12 A は、MTJ を高抵抗状態から低抵抗状態へと切換えるのに十分な電圧が印加されたときの読出電流を検知する、例示的な自己参照読出方法のフロー図である。方法は、ブロック M1 において、磁気トンネル接合データセルに読出電圧を印加して読出電流を形成するステップを含む。磁気トンネル接合データセルは第 1 の抵抗状態を有し、読出電圧は磁気トンネル接合データセルの抵抗を（この例では、高抵抗状態から低抵抗状態へと）切換えるのに十分である。ブロック M2 において読出電流が検出される。次に、方法は、ブロック C3 において、印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているかどうかを判定するステップを含む。印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているならば、ブロック D2 において、磁気トンネル接合データセルの第 1 の抵抗状態は、読出電圧が磁気トンネル接合データセルを（この例では低抵抗状態へと）切換えるのに十分であった抵抗状態である。読出電流が変化する（この例では増加する）ならば、ブロック D1 において第 1 の抵抗状態は反対の抵抗状態（この例では高抵抗状態）であり、ブロック M3 において磁気トンネル接合データセルに高抵抗状態が書き戻しされる。

#### 【0031】

図 12 B は、MTJ を低抵抗状態から高抵抗状態へと切換えるのに十分な電圧が印加されたときの読出電流を検知する、例示的な自己参照読出方法のフロー図である。方法は、ブロック M4 において、磁気トンネル接合データセルに読出電圧を印加して読出電流を形成するステップを含む。磁気トンネル接合データセルは第 1 の抵抗状態を有し、読出電圧は磁気トンネル接合データセルの抵抗を（この例では、低抵抗状態から高抵抗状態へと）切換えるのに十分である。ブロック M5 において読出電流が検出される。次に、方法は、ブロック C4 において、印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているかどうかを判定するステップを含む。印加するステップの間に読出電流が一定に保たれているならば、ブロック D4 において、磁気トンネル接合データセルの第 1 の抵抗状態は、読出電圧が磁気トンネル接合データセルを（この例では高抵抗状態へと）切換えるのに十分であった抵抗状態である。読出電流が変化する（この例では増加する）ならば、ブロック D3 において第 1 の抵抗状態は反対の抵抗状態（この例では高抵抗状態）であり、ブロック M6 において磁気トンネル接合データセルに低抵抗状態が書き戻しされる。

#### 【0032】

図 13 は、読出電圧を検知する、例示的な自己参照読出方法のフロー図である。方法は、ブロック M11 において、磁気トンネル接合データセルに読出電流を印加して読出電圧を形成するステップを含む。磁気トンネル接合データセルは第 1 の抵抗状態を有し、読出電流は磁気トンネル接合データセルの抵抗を（この例では、高抵抗状態から低抵抗状態へと）切換えるのに十分である。ブロック M12 において、読出電圧が検出される。次に、方法は、ブロック C13 において、印加するステップの間に読出電圧が一定に保たれているかどうかを判定するステップを含む。印加するステップの間に読出電圧が一定に保たれているならば、ブロック D12 において、磁気トンネル接合データセルの第 1 の抵抗状態は、読出電流が磁気トンネル接合データセルを（この例では低抵抗状態へと）切換えるの

に十分であった抵抗状態である。そうでない場合、ブロック D 1 1 において第 1 の抵抗状態は反対の抵抗状態（この例では高抵抗状態）であり、ブロック M 1 3 において磁気トンネル接合データセルに高抵抗状態が書き戻しされる。

【 0 0 3 3 】

他の実施形態において、読出電流は、磁気トンネル接合データセルの抵抗を低抵抗状態から高抵抗状態へと切替えるのに十分である。これらの実施形態において、印加するステップの間に読出電圧が一定に保たれるならば、磁気トンネル接合データセルの第 1 の抵抗状態は低抵抗状態である。読出電圧が一定に保たれていないあるいは変化する（この例では増加する）ならば、第 1 の抵抗状態は反対の抵抗状態（この例では高抵抗状態）であり、ブロックにおいて磁気トンネル接合データセルに高抵抗状態が書き戻しされる。したがって、「スピン転移トルクメモリ自己参照読出方法」の実施形態が開示される。上記の実施および他の実施は以下の特許請求の範囲の範囲内にある。当業者は、開示されたもの以外の実施形態により、本開示が実現され得ることを理解するであろう。開示された実施形態は図示および制限しない目的のために提示され、本発明は以下に続く特許請求の範囲によってのみ制限される。

10

【 図 1 】

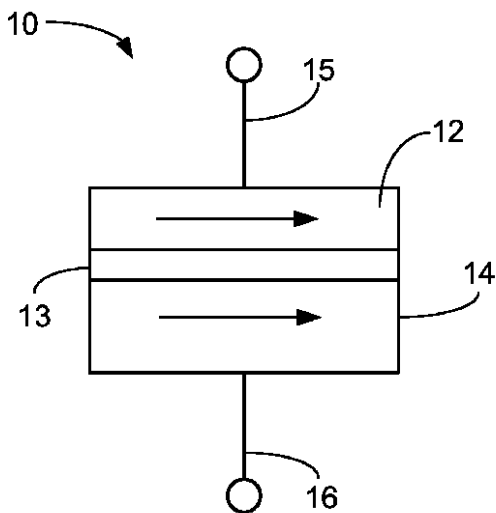


FIG. 1

【 図 2 】

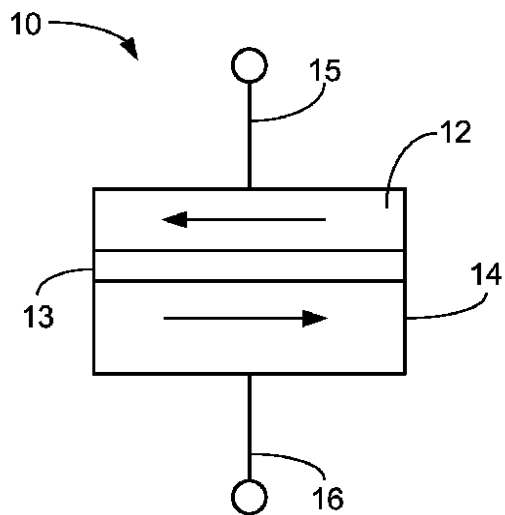


FIG. 2

【図 3】

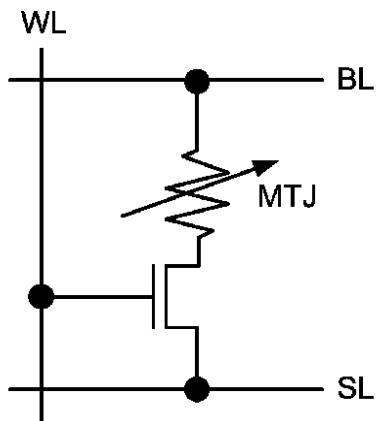


FIG. 3

【図 4】

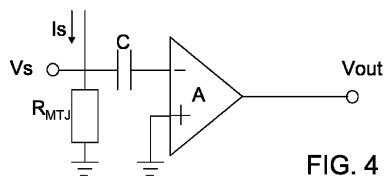


FIG. 4

【図 7】

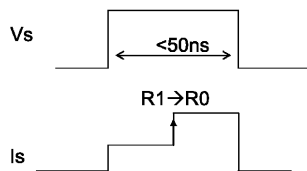


FIG. 7

【図 8】

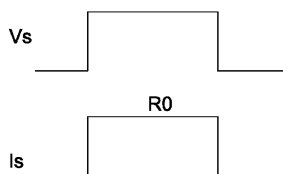


FIG. 8

【図 9】

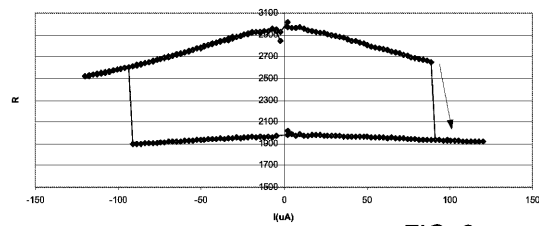


FIG. 9

【図 5】

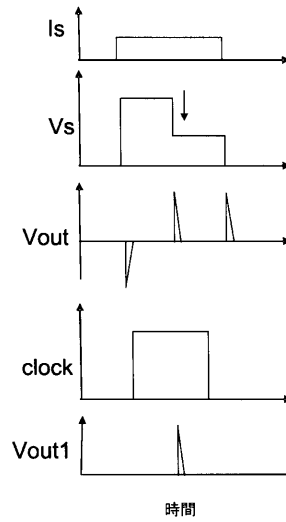


FIG. 5

【図 6】

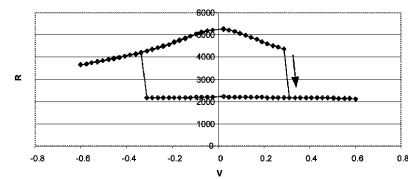


FIG. 6

【図 10】

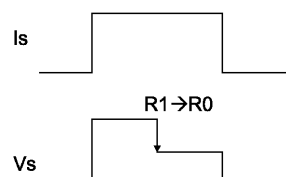


FIG. 10

【図 11】

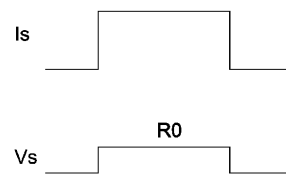


FIG. 11

【図 12 A】

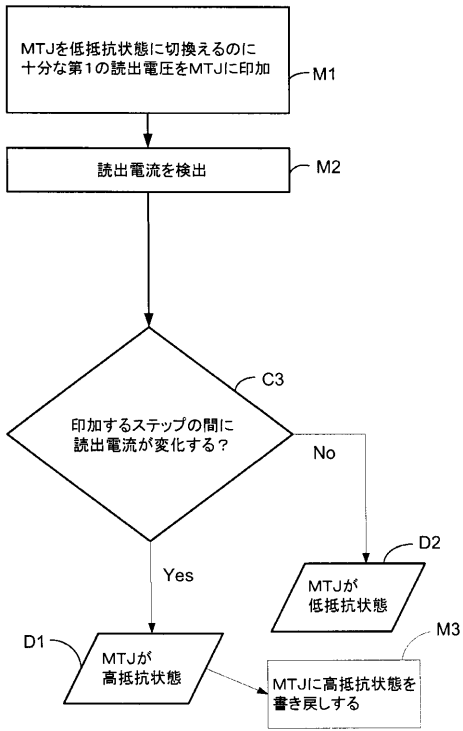


FIG. 12A

【図 12 B】

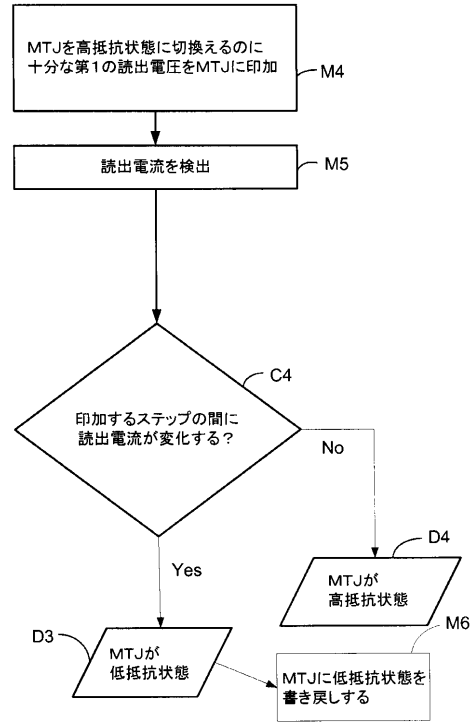


FIG. 12B

【図 13】

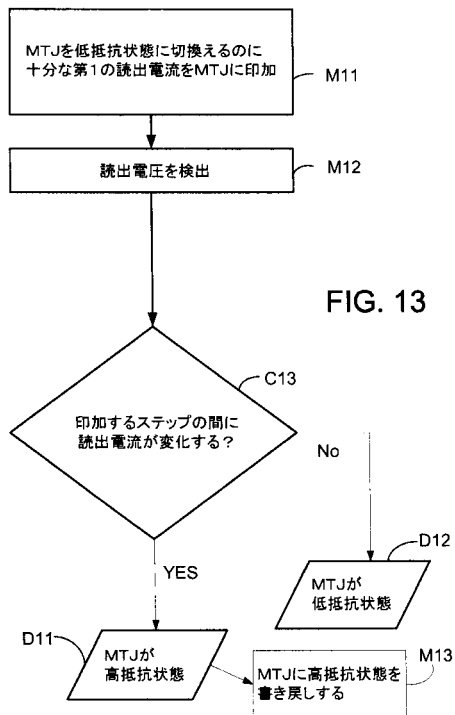


FIG. 13

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2010/024928

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G11C11/16 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G11C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, IBM-TDB, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2006/092734 A1 (TSUCHIDA KENJI [JP] ET AL) 4 May 2006 (2006-05-04) paragraph [0245] - paragraph [0260]; figures 3,19	1-20
A	EP 1 553 601 A2 (MAGLABS INC [US]) 13 July 2005 (2005-07-13) paragraph [0061]; figure 9	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 document 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		Date of mailing of the international search report
28 May 2010		08/06/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Lindquist, Jim

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
PCT/US2010/024928

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006092734 A1	04-05-2006	JP 3959417 B2 JP 2006127672 A	15-08-2007 18-05-2006
EP 1553601 A2	13-07-2005	JP 2005229099 A US 2005128794 A1	25-08-2005 16-06-2005

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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

(72)発明者 チェン, イラン

アメリカ合衆国、5 5 4 3 7 ミネソタ州、エデン・プレーリー、フェートン・ドライブ、1 0 1 2 4

(72)発明者 ワン, シャオピン

アメリカ合衆国、5 5 3 1 7 ミネソタ州、チャンハッセン、ブラフ・リッジ・コート、1 8 0

(72)発明者 ガオ, チョン

アメリカ合衆国、5 5 3 7 8 ミネソタ州、サベージ、フォックスベリー・ロード、1 3 5 1 5

(72)発明者 ディミトロフ, ディミタール

アメリカ合衆国、5 5 4 3 5 ミネソタ州、エディナ、シックスティエイトス・ストリート・ウェスト、5 7 0 9

(72)発明者 チュー, ウェンチョン

アメリカ合衆国、5 5 1 2 4 ミネソタ州、アップル・パレー、エルダーベリー・コート、1 3 0 7 3

(72)発明者 ルー, ヨン

アメリカ合衆国、5 5 1 2 4 ミネソタ州、エディナ、トラリー・ドライブ、7 1 1 5

Fターム(参考) 5F092 AA15 AB08 AC12 AD03 AD25 BB17 BB22 BB35 BB36 BB42

BC04 BC07