

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-225633

(P2016-225633A)

(43) 公開日 平成28年12月28日(2016.12.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/8246 (2006.01)	H O 1 L 27/10 4 4 7	4 M 1 1 9
H O 1 L 27/105 (2006.01)	H O 1 L 29/82 Z	5 F 0 9 2
H O 1 L 29/82 (2006.01)	H O 1 L 43/08 Z	
H O 1 L 43/08 (2006.01)	H O 1 L 43/08 B	
H O 1 L 43/12 (2006.01)	H O 1 L 43/12	

審査請求 有 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2016-111167 (P2016-111167)
(22) 出願日 平成28年6月2日(2016.6.2)
(31) 優先権主張番号 14/728, 788
(32) 優先日 平成27年6月2日(2015.6.2)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 503116280
エイチジーエスティーネザーランドビー
イ
オランダ国 1101 シーエム アムス
テルダム, ルナ アレナ, ヘリケルベルグ
ヴェヘ 238
(74) 代理人 110000154
特許業務法人はるか国際特許事務所
(72) 発明者 ジョーダン エイ ケティーン
アメリカ合衆国 カリフォルニア マウン
テン ヴィュー ヴィンセント ドライブ
232
Fターム(参考) 4M119 AA01 AA11 BB01 CC01 CC05
DD17 FF05 FF14

最終頁に続く

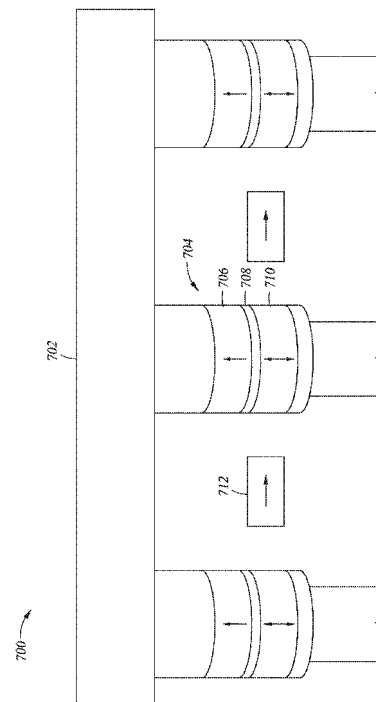
(54) 【発明の名称】 外部強磁性バイアス膜を用いる電圧制御磁気異方性スイッチング装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】外部強磁性バイアス膜を用いる電圧制御磁気異方性スイッチング装置を用いた磁気抵抗ランダムアクセスメモリ(MRAM)装置を提供する。

【解決手段】MRAM装置700は、基板702と、基板702上に配設される少なくとも1つの磁気トンネル接合(MTJ)スタックであって、固定磁化を有する第1の強磁性層706と、非固定磁化を有する第2の強磁性層710との間にトンネルバリア層708を備えるMTJスタック704と、第2の強磁性層710に隣接して配設される外部磁石712と、を含む。

【選択図】図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気抵抗ランダムアクセスメモリ（M R A M）装置であって、
基板と、
前記基板上に配設される少なくとも 1 つの磁気トンネル接合（M T J）スタックであって、固定磁化を有する第 1 の強磁性層と、非固定磁化を有する第 2 の強磁性層との間にトンネルバリア層を備える M T J スタックと、
前記第 2 の強磁性層に隣接して配設される磁石と、を備える、
M R A M 装置。

【請求項 2】

前記磁石は、前記基板と水平で平行に形成され、前記第 2 の強磁性層と整列される強磁性バイアス層を備える、請求項 1 に記載の M R A M 装置。

【請求項 3】

前記磁石は、硬質強磁性層、又は、反強磁性体によって固定される軟質強磁性層を備える、請求項 1 に記載の M R A M 装置。

【請求項 4】

前記硬質強磁性層は C o P t を備え、前記軟質強磁性層は N i F e を備える、請求項 3 に記載の M R A M 装置。

【請求項 5】

前記 M R A M 装置は更に、前記基板上に形成されるパッシベーション層を備え、前記磁石は、前記パッシベーション層内に配設される、請求項 1 に記載の M R A M 装置。

【請求項 6】

前記 M R A M 装置は更に、前記基板上に形成されるパッシベーション層を備え、前記磁石は、前記パッシベーション層内に配設される、請求項 1 に記載の M R A M 装置。

【請求項 7】

前記第 1 の強磁性層及び前記第 2 の強磁性層は、C o F e B 層を備える、請求項 1 に記載の M R A M 装置。

【請求項 8】

前記トンネルバリア層は、M g O 層を備える、請求項 1 に記載の M R A M 装置。

【請求項 9】

磁気抵抗ランダムアクセスメモリ（M R A M）装置を製造するための方法であって、
少なくとも 1 つの磁気トンネル接合（M T J）スタックを基板上に形成することであって、前記 M T J スタックが、固定磁化を有する第 1 の強磁性層と、非固定磁化を有する第 2 の強磁性層との間にトンネルバリア層を備えることと、
磁石を前記第 2 の強磁性層に隣接して配設することと、を含む、
方法。

【請求項 10】

前記磁石は、前記基板と水平で平行に形成され、前記第 2 の強磁性層と整列される強磁性バイアス層を備える、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記磁石は、硬質強磁性層、又は、反強磁性体によって固定される軟質強磁性層を備える、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 12】

前記硬質強磁性層は C o P t を備え、前記軟質強磁性層は N i F e を備える、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

更に、パッシベーション層を前記基板上に形成することを含み、前記磁石は、前記パッシベーション層内に配設される、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第 1 の強磁性層及び前記第 2 の強磁性層は、C o F e B 層を備える、請求項 9 に記

10

20

30

40

50

載の方法。

【請求項 15】

前記トンネルバリア層は、MgO層を備える、請求項9に記載の方法。

【請求項 16】

更に、前記第2の強磁性層の磁化が、前記第2の強磁性層の磁極性が反転されるような前記磁石からのバイアス磁界の周りを歳差運動するように、電圧制御磁気異方性(VCM A)効果を用いることを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項 17】

前記第2の強磁性層に隣接する前記磁石は、永久磁石である、請求項16に記載の方法。

10

【請求項 18】

磁気抵抗ランダムアクセスメモリ(MRAM)装置であって、
基板と、

前記基板上に配設される少なくとも1つの磁気トンネル接合(MTJ)スタックであって、固定磁化を有する第1の強磁性層と、非固定磁化を有する第2の強磁性層との間にトンネルバリア層を備えるMTJスタックと、

前記基板上に形成されるパッシベーション層であって、MTJ間の空間を埋めるパッシベーション層と、

前記第2の強磁性層に隣接して前記パッシベーション層内に配設される磁石であって、前記磁石は、前記基板と水平で平行に配設され、前記第2の強磁性層と整列される強磁性バイアス層を備え、電界が前記MTJスタックに印加された場合に、前記MTJスタックの磁極性が反転されるように、バイアス電圧が前記MTJスタックに印加された場合に、前記第2の強磁性層の磁化が、前記磁石からのバイアス磁界の周りを歳差運動する磁石と、を備える、

20

MRAM装置。

【請求項 19】

前記磁石は、硬質強磁性層、又は、反強磁性体によって固定される軟質強磁性層を備える、請求項18に記載のMRAM装置。

【請求項 20】

前記磁石は永久磁石である、請求項18に記載のMRAM装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の態様は、一般に、データ記憶システムに関し、特に、外部強磁性バイアス膜を用いる電圧制御磁気異方性(VCM A)スイッチング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

現代の電子装置は、相当量のソリッドステートメモリを次第に組み込んでいる。電子産業は、低い消費電力を提供するより高密度の装置を継続的に探し求めている。磁気メモリ装置は、本来、不揮発性の特性を備え、次世代メモリの種類として関心が高まっている。

40

【0003】

ディスクドライブに用いられる磁気媒体のより高い記憶ビット密度により、磁気ビットのサイズ(容量)が低減されてきた。磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)は、高速なアクセス時間、無限の読み書き耐久性、耐放射性、及び高い記憶密度を提供する。従来のRAMチップ技術とは異なり、MRAMデータは、電荷として格納されないが、代わりに、記憶素子の磁気分極によって格納される。磁気トンネル接合(MTJ)メモリ素子を含むMRAMセルは、膜表面に対してMTJ層構造の面内又は垂直磁化のために設計することができる。素子は、2つの磁氣的に偏極したプレートから形成され、そのそれぞれは、一緒にMTJスタックを形成する薄い絶縁層によって隔てられる磁気分極場を維持できる。図1は、本開示のある特定の態様によるMTJスタック100の一例を示す図である

50

。図 1 に示すように、2つのプレートの中の1つは、特定の極性に設定された永久磁石 102 (すなわち、固定の磁化を有する) であり、他方のプレート 106 の分極は、変化して (すなわち、自由な磁化を有して) 十分に強い外部場の分極と一致する。従って、セルは、セルが不揮発性メモリ素子として機能することを可能にする2つの安定状態を有する。

【0004】

メモリ装置は、かかるセルのグリッドから構築されてもよい。チップ上のアレイ内の MRAM セルは、金属のワード線及びビット線によって接続されている。各メモリセルは、ワード線及びビット線に接続されている。ワード線はセルの行同士を接続し、ビット線はセルの列同士を接続している。通常、相補型金属酸化膜半導体 (CMOS) 構造は、頂部又は底部金属接点を介して MTJ スタックに電氣的に接続される選択トランジスタを含む。電流フローの向きは、頂部と底部金属接点の間である。

10

【0005】

MRAM セルの分極状態の読み取りは、セルの MTJ の電気抵抗を測定することによって達成される。特定のセルは、従来、電流を供給ラインから MTJ 層を介してグランドに切り換える関連トランジスタに電力を供給することによって選択される。トンネル磁気抵抗効果により、トンネルバリア層 104 を通る電子の量子トンネル現象が生じる場合、セルの電気抵抗は、MTJ の2つの磁気層における分極の相対配向により変化する。結果としての電流を測定することによって、いずれかの特定のセル内部の抵抗が判定でき、これから、自由書き込み (自由) 層の極性が決定できる。2つの層が同じ分極を有していれば、これは、状態「0」を意味することに考慮され、抵抗は「低い」一方で、2つの層が反対極性の層であれば、抵抗はより高くなり、これは状態「1」を意味する。データは、様々な技法を用いてセルに書き込まれる。

20

【0006】

従来の MRAM において、外部磁界は、セル近傍の配線内の電流によってもたらされ、これは自由層を整列させるために十分に強い。スピン移動トルク (STT) MRAM は、スピン整列 (「偏極」) 電子を用いて自由層の磁区に直接トルクを与える。自由層を流れるかかる偏極電子は、十分なトルクを作用させて自由層の磁化を再編成する (例えば、反転させる)。

【0007】

磁気抵抗 RAM (MeRAM) は、他の種類の MRAM と同様に、2端子メモリ素子における読み取りのために、トンネル磁気抵抗 (TMR) 効果を用いる。しかし、情報の書き込みは、電流制御 (例えば、STT 又はスピン軌道トルク、SOT) 機構とは対照的に、トンネルバリア層及び自由層の境界面において VCMR によって行われる。VCMR 装置において、磁気特性は、電界を加えることにより制御される。VCMR 装置は、ナノ磁石の電場誘起によるスイッチングに基づいている。MeRAM 装置は、ワット損の劇的な低下の可能性を有している。装置を操作するための電流の必要性をなくすことにより、抵抗損は著しく低下し、結果として、非常に低い動的 (すなわち、スイッチング) エネルギー散逸をもたらす。ワット損の低下に加えて、MeRAM に書き込むための電界の使用は、ビット密度を向上させる観点から利点をもたらす。特に、磁気電気の書き込みは、回路内に集積されている場合アクセス装置 (例えば、トランジスタ) に電流駆動ベースのサイズ制限をかけないため、はるかに小型の全体のセル面積を可能にする。同時に、MeRAM は、原理上、STT-MRAM のすべての重要な利点、すなわち、高耐久性、高速、耐放射性、及び、不揮発性動作の可能性を保持している。

30

40

【0008】

従って、高密度及び高いエネルギー効率の磁気メモリ装置に対するニーズが存在している。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

開示のシステム、方法、及び装置のそれぞれは、幾つかの態様を有しており、その単一のもののいずれも、その望ましい属性について全責任を負うものではない。以下に続く特許請求の範囲によって述べられるような本開示の適用範囲を制限することなく、幾つかの特徴をここで簡単に説明する。この検討を考慮した後、特に、「発明を実施するための形態」と題したセクションを通読した後、本開示の特徴が、無線ネットワークにおいてアクセスポイントとステーションとの間の向上した通信を含む利点をどのように提供するかを理解するであろう。

【 0 0 1 0 】

本開示の態様は、一般に、データ記憶システムに関し、特に、外部強磁性バイアス膜を用いる V C M A スイッチング装置に関する。

10

【 0 0 1 1 】

一態様において、M R A M 装置が提供される。M R A M 装置は、一般に、基板と、基板上に配設される少なくとも1つのM T J スタックであって、固定磁化を有する第1の強磁性層と、非固定磁化を有する第2の強磁性層との間にトンネルバリア層を備えるM T J スタックと、第2の強磁性層に隣接して配設される磁石と、を含む。

【 0 0 1 2 】

別の態様において、M R A M 装置を製造するための方法が提供される。方法は、一般に、少なくとも1つのM T J スタックを基板上に形成することであって、M T J スタックが、固定磁化を有する第1の強磁性層と、非固定磁化を有する第2の強磁性層との間にトンネルバリア層を備えることと、磁石を第2の強磁性層に隣接して配設することと、を含む。

20

【 0 0 1 3 】

更に別の態様において、M R A M 装置が提供される。M R A M 装置は、一般に、基板と、基板上に配設される少なくとも1つのM T J スタックであって、固定磁化を有する第1の強磁性層と、非固定磁化を有する第2の強磁性層との間にトンネルバリア層を備えるM T J スタックと、基板上に形成されるパッシベーション層であって、M T J 間の空間を埋めるパッシベーション層と、第2の強磁性層に隣接してパッシベーション層内に配設される磁石であって、磁石は、基板と水平で平行に配設され、第2の強磁性層と整列される強磁性バイアス層を備え、電界がM T J スタックに印加された場合に、M T J スタックの磁極性が反転されるように、バイアス電圧がM T J スタックに印加された場合に、第2の強磁性層の磁化が、磁石からのバイアス磁界の周りを歳差運動する磁石と、を含む。

30

【 0 0 1 4 】

前記及び関連する結果を達成するために、1つ以上の態様は、以下で完全に説明され、特許請求の範囲において特に指摘する特徴を備えている。以下の説明及び添付図面は、1つ以上の態様のある特定の事例となる特徴を詳細に説明している。しかし、これらの特徴は、様々な態様の原理が採用されてもよい様々な方法のうちの幾つかを示しており、この説明は、すべてのかかる態様及びそれらの均等物を含むことを意図している。

【 0 0 1 5 】

本開示の上記で説明した特徴を詳細に理解するため、上で簡単に要約したより詳細な説明を、態様を参照することによって説明し、そのうちの幾つかを添付図面に示す。しかし、添付図面は本開示のある特定の代表的な態様のみを示し、従って、その適用範囲を限定するものと考えるべきではなく、説明は他の等しく効果的な態様も可能であることに留意されたい。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 図 1 は、本開示のある特定の態様によるM T J スタックの一例を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、スタック内磁気バイアス層を有するM T J スタックの一例を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、本開示のある特定の態様による、エネルギー障壁を調整するための磁界の印加を示している。

50

【図４】図４は、本開示のある特定の態様による、電圧を印加することによって磁極性を切り換えることを示している。

【図５】図５は、スタック内バイアス磁界を用いる垂直ＭＴＪ装置のためのＴＭＲ読み出しとともにＶＣＭＡ駆動書き込みの一例を示すグラフである。

【図６】図６は、本開示のある特定の態様によるＭＲＡＭ装置を製造するための操作の一例を示すブロック図である。

【図７】図７は、本開示のある特定の態様による、外部磁気バイアス層とともにＭＴＪスタックを有するＭＲＡＭ装置の一例を示す図である。

【００１７】

理解を容易にするため、同一符号が、可能であれば、各図に共通する同一の構成要素を指定するために使用されている。一態様において開示される構成要素は、特に説明することなく、他の態様において有用に活用することを意図している。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

開示の様々な態様を、添付図面を参照して以下でより完全に説明する。しかし、本開示は、多くの異なる形態で具現化されてもよく、本開示を通して提示される任意の特定の構造又は機能に限定されるものとして解釈されるべきではない。むしろ、これらの態様は、本開示が徹底かつ完全なものであり、開示の適用範囲を当業者に完全に伝えるように提供される。本明細書中の教示に基づき、当業者は、開示の適用範囲が、開示のその他の態様とは独立して、又はそれと組み合わせて実装されようとなかろうと、本明細書中に開示される開示の任意の態様をカバーすることを意図していることを正当に評価すべきである。例えば、本明細書中に記載の態様のいくつでも用いて、装置が実装されてもよく、又は、方法が実施されてもよい。加えて、開示の適用範囲は、他の構造、機能、又は、本明細書中に記載する開示の様々な態様に加えた、又はそれとは別の構造及び機能を用いて実施されるかかる装置又は方法をカバーすることを意図している。本明細書中に開示される開示の任意の態様は、特許請求項の１つ以上の構成要素によって具現化されてもよいことは、言うまでもない。

【００１９】

用語「例示的」は、「実施例、実例、又は例示として機能すること」を意味するよう、本明細書中において用いられる。「例示的」として本明細書中で説明する任意の態様は、必ずしも他の態様に勝って好ましい、又は利点があるものとして解釈されるべきではない。

【００２０】

本開示の態様は、一般に、外部強磁性バイアス膜を用いるＶＣＭＡスイッチング装置に関する。例えば、本明細書中でより詳細に検討するように、少なくとも１つのＭＴＪスタックが、基板上に形成されてもよい。ＭＴＪスタックは、固定磁化を有する第１の強磁性層と、非固定磁化を有する第２の強磁性層との間にトンネルバリア層を含んでもよい。外部磁石（例えば、強磁性バイアス層）が、第２の強磁性層に隣接して配設されてもよい。

【００２１】

本開示の態様の以下の説明において、この一部を形成し、開示が実施されてもよい特定の実装の例示として示す添付図面を参照する。本明細書中で検討する図面は、正確な縮尺で描かれてはならず、実際の、又は相対的な大きさを示すものではないことに留意されたい。図面内の任意のハッチングは、層を識別するために用いられ、使用される材料の種類を表すものではない。ＭＲＡＭセルの複数のアレイは、通常、単一のウェーハ上で同時に製造される。図面及び本明細書中の説明は、通常、単一のウェーハ上で同時に製造される複数のセルのうちの幾つかのセルのみに言及している。

【実施例】

【００２２】

ＶＣＭＡスイッチング装置の実施例

通常ＭＴＪ装置に用いられるもののような金属製強磁性薄膜において、電界は、材料の

10

20

30

40

50

導電性によって遮蔽され、従って、数オングストロームのみを膜表面に貫通する。従って、表面近くの電界の強さは、原理的に、磁気特性の電界制御に対する制限がある。しかし、極薄（例えば、2 nm未満）の強磁性薄膜を利用することによって、磁気特性は、界面効果に敏感であるか、又はそれによって支配されてさえもよく、従って、印加された電界を材料の磁気異方性に結合するための機構を提供する。従って、電圧制御界面垂直磁気異方性（PMA）を経由して金属製強磁性体を操作することは、電界制御磁気装置を達成するために用いることができる。

【0023】

VCM効果は、スピン軌道相互作用とともに、結果として、異方性の変化を生じる境界面における原子軌道の占有の電場誘起による変化の観点から説明できる。

10

【0024】

図2は、スタック内磁気バイアス層を有するMTJスタック200の一例を示す図である。図2に示すように、MTJスタック200は、固定層202、トンネルバリア層204、自由層206、パッシベーション層208、及びスタック内磁気バイアス層210を含む。MTJスタックの一実施例は、CoFeB磁気層202及び206、及び、トンネルバリア層204としてのMgOを含んでもよい。CoFeB-MgO MTJ（又は他の同様の種類のMTJ）は、電界がCoFeB/MgO境界面において電子の密度を変化させ、垂直異方性に影響を及ぼす電圧制御磁気異方性（VCM）を呈する。例えば、界面における電子密度の低下は、垂直異方性を増加する。この磁気電気結合は、歪みを媒介としないため、耐久性に限界はなく、論理及びメモリ用途と互換性を持つ。

20

【0025】

外部磁界は、エネルギー障壁の向きを傾斜させる一方で、電圧制御異方性は、極性に応じて、エネルギー障壁を低下又は増加させるかのどちらかを行う。図3は、本開示のある特定の態様による、エネルギー障壁を調整するための磁界の印加を示している。エネルギー障壁を調整することは、電圧（パルス）が図4に示すように印加される場合、決定性スイッチングを可能にしてもよい。例えば、図4に示すように、MTJは、初期磁化 H_{ef} に整列される自由層磁性を有していてもよい。この実施例において、 H_{ef} は上を指し、界面の面外異方性によって支配される。電圧の印加は、結果として、MgO障壁を通る電界を生じ、界面異方性を低下させる。VCM効果を介する自由層の磁気異方性のこの再構成は、電界を用いるスイッチングを可能にし、言い換えれば、VCM効果による保磁力の低下が利用されて、スピン偏極電流に影響されることなく、本発明のVMTJの自由層の磁性を切り換える。図4に示すように、電圧パルス V_p が印加されると、界面異方性磁界が低下し、ここで、 H_{ef} がスタック内層210からのバイアス磁界によって支配されるため、自由層に影響を及ぼす有効場 H_{ef} が面内で傾斜する。自由層の磁性は、それが最終的に H_{ef} と整列するまで、 H_{ef} の周りを歳差運動する。減衰は、歳差運動が停止する前に、多くの振動が生じるという点で、システムにおいて十分低い。歳差運動は、 V_p を遮断することによって中断でき、結果として、初期磁化方向とは反対の極性を有する最終的な磁化状態を生じることができる。

30

【0026】

かかる電界制御MTJは、相補型金属酸化膜半導体（CMOS）集積回路と互換性があってもよい。読み出しは、TMR効果を介して実行されてもよく、電気的な書き込みは、VCMを用いて電界を介して実行されてもよい。書き込みは、例えば、1 ns未満の共振（歳差運動）であってもよい。ビット同士は、スケラビリティ及び密度のために垂直であってもよい。

40

【0027】

図5は、スタック内バイアス磁界を用いる垂直80 nm×80 nm MTJ装置のためのTMR読み出しとともにVCM駆動の書き込みを示すグラフ500である。図5に示すように、100%スイッチングが達成できる（例えば、約700 ps±250 psの時間窓において）。この実施例において、スイッチングエネルギーは、1 ns未満の書き込み時間で約10 fJ/ビットであってもよい。この歳差運動のVCMスイッチングは、決

50

定性動作ではなくトグルである（すなわち、スイッチングは、V C M A パルスが印加される度に生じる）ため、読み出しは、ビットの極性及びトグルパルスが印加されるべきかどうかを決定するために、スイッチング前及び／又は後に行われてもよい。

【 0 0 2 8 】

従来、磁界は、図 2 に示すスタック内磁気バイアス層 2 1 0 のようなスタック内磁気バイアス層によって与えられる。

【 0 0 2 9 】

外部強磁性バイアス層を用いる V C M A スwitching 装置の実施例

本開示のある特定の態様による、外部（例えば、スタック内とは対照的な）磁石（例えば、バイアス層）を有する磁気トンネル接合（M T J）装置を説明する。外部（例えば、永久）磁石の使用により、より簡単なスタックが可能となってもよい。

10

【 0 0 3 0 】

図 6 は、本開示のある特定の態様による M R A M 装置を製造するための操作 6 0 0 の一例を示す呼び出しフローである。例えば、操作 6 0 0 は、図 7 に示す M R A M 装置 7 0 0 を製造するために用いられてもよい。

【 0 0 3 1 】

6 0 2 において、少なくとも 1 つの M T J スタック（例えば、M T J スタック 7 0 4 等）は、基板（例えば、基板 7 0 2）上に形成されてもよく、ここで、M T J スタックは、固定磁化（例えば、固定層 7 0 6）を有する第 1 の強磁性層（例えば、C o F e B 層）と、非固定磁化（例えば、自由層 7 1 0）を有する第 2 の強磁性層（例えば、C o F e B 層）との間にトンネルバリア層（例えば、M g O 層であってもよいトンネルバリア層 7 0 8）を備えている。

20

【 0 0 3 2 】

6 0 4 において、磁石（例えば、外部磁石 7 1 2）は、第 2 の強磁性層に隣接して配設（例えば、形成）されてもよい。ある特定の態様によれば、磁石は、短絡を防止するよう（例えば、装置を切削加工した後）基板上に堆積されるパッシベーション層に配設されてもよい。ある特定の態様によれば、磁石は、基板（例えば、ウェーハ）上に形成される強磁性バイアス層（例えば、C o P t 層等の硬質材料、又は、反強磁性体によって固定される N i F e 層等の軟質材料）であってもよい。図 7 に示すように、外部磁石 7 1 2 は、基板 7 0 2 と水平で平行に形成され、自由層 7 1 0 と整列されてもよい。

30

【 0 0 3 3 】

6 0 6 において、自由層／バリア界面における垂直異方性が低下して（すなわち、V C M A 効果）、自由層の磁化が、ここではバイアス磁石によって生じる磁界によって支配される有効場の周りで歳差運動する原因となるように、バイアス電圧が M T J スタックに印加される。パルス持続期間は、自由層の磁極性が反転するように、歳差運動を停止するよう最適化できる。ある特定の態様によれば、配設された磁石の厚さ、及び／又は、第 2 の強磁性層からの配設された磁石の距離は、所望の（例えば、最適な）磁界が磁石によって M T J スタックに作用するように、装置を製造する時に選択されてもよい。

【 0 0 3 4 】

ある特定の態様によれば、外部磁石は、イオンビーム蒸着（I B D）、電気メッキ、スパッタリング、又は、堆積させるための他の技法を用いて配設されてもよい。

40

【 0 0 3 5 】

図 7 は、本開示のある特定の態様による、外部磁石 7 1 2 とともに M T J スタック 7 0 4 を有する M R A M 装置 7 0 0 の一例を示す図である。ある特定の態様によれば、電界（例えば、V C M A パルス）が M T J スタックに印加される場合、自由層の磁化は、（外部磁石によって与えられる）永久バイアス磁界の周りを歳差運動してもよい。外部磁石のモーメント及び厚さの最適化は、所望の歳差磁界を与えるよう用いられてもよい。例えば、より強い磁界を用いることにより、より高速な歳差運動を与えてもよい。

【 0 0 3 6 】

ある特定の態様によれば、外部磁界の使用により、向上した磁界制御、より大きな磁界

50

を使用する能力、より容易にMTJスタックをエッチングする能力、及び、より簡単な磁性体に至ることができる。加えて、層がより薄く、エッチングを行うことがより簡単になるため、より狭い最終ピッチを用いることができる。更に、スタック内磁石は、自由層特性及び垂直異方性にとって好ましくないであろう、それらの方向を設定するために磁界をアニール処理する大きな面内磁界を必要としてもよい。加えて、高保磁力を有する永久磁性体（硬磁石）を外部磁石712に対して示してきたが、反強磁性バイアス層に結合される低保磁力（軟磁石）も使用できることは、言うまでもない。

【0037】

本明細書中に開示する方法は、説明した方法を達成するための1つ以上のステップ又は動作を含む。方法のステップ及び/又は動作は、特許請求の範囲の適用範囲から逸脱することなく、互いに交換されてもよい。言い換えれば、ステップ又は動作の特定の順序が明記されていなければ、特定のステップ及び/又は動作の順序及び/又は使用は、特許請求の範囲の適用範囲から逸脱することなく、変更されてもよい。

10

【0038】

本明細書中で用いるように、項目のリストのうちの「少なくとも1つ」を指す表現は、単一の部材を含むこれらの項目の任意の組み合わせについて言及している。一例として、「a、b、又はcのうちの少なくとも1つ」は、a、b、c、a-b、a-c、b-c、及びa-b-c、並びに、同じ要素の集まりを持つ任意の組み合わせ（例えば、a-a、a-a-a、a-a-b、a-a-c、a-b-b、a-c-c、b-b、b-b-b、b-b-c、c-c、及びc-c-c、又は、a、b、及びcのその他の順序）をカバーすることを意図している。

20

【0039】

上で説明した方法の様々な操作は、対応する機能を実行できる任意の適切な手段によって行われてもよい。手段は、種々のハードウェア及び/又はソフトウェアコンポーネントを含んでもよい。

【0040】

特許請求の範囲は、上で示した厳密な構成及びコンポーネントに限定されないことは、言うまでもない。種々の改良、変更、変形が、特許請求の範囲の適用範囲から逸脱することなく、上で説明した方法及び装置の配置、操作、及び詳細において行われてもよい。

30

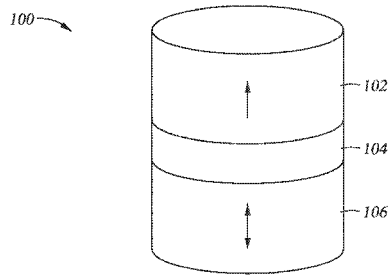
【符号の説明】

【0041】

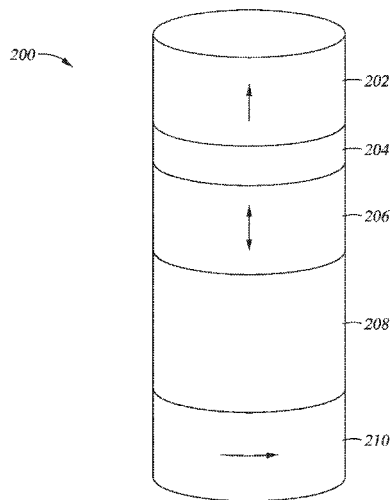
- 100、200、704 MTJスタック
- 102 永久磁石
- 104、204、708 トンネルバリア層
- 106 プレート
- 202、706 固定層
- 206、710 自由層
- 208 パッシベーション層
- 210 スタック内磁気バイアス層
- 600 操作
- 700 MRAM装置
- 702 基板
- 712 外部磁石

40

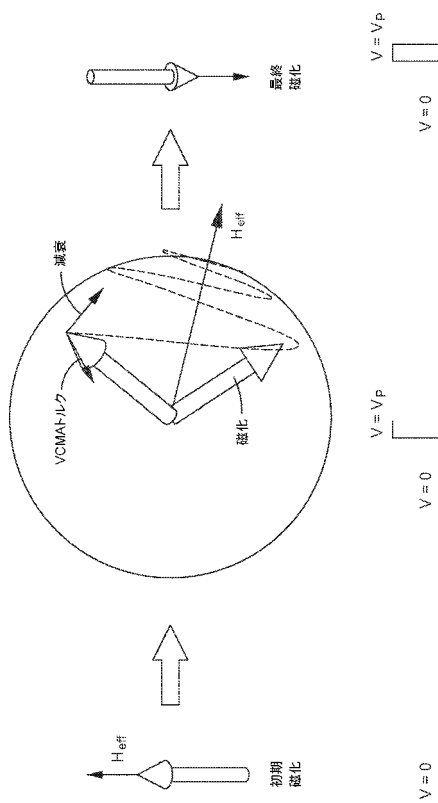
【図 1】



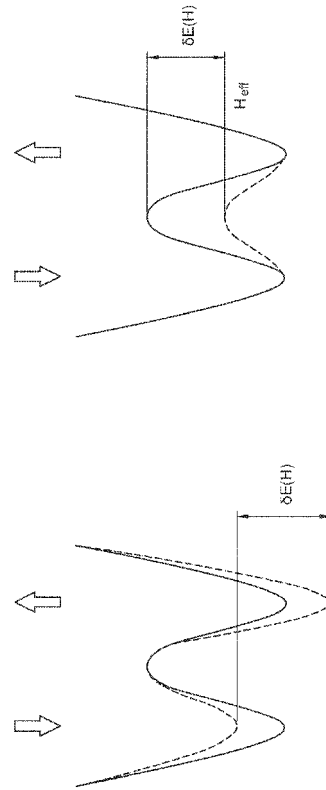
【図 2】



【図 4】



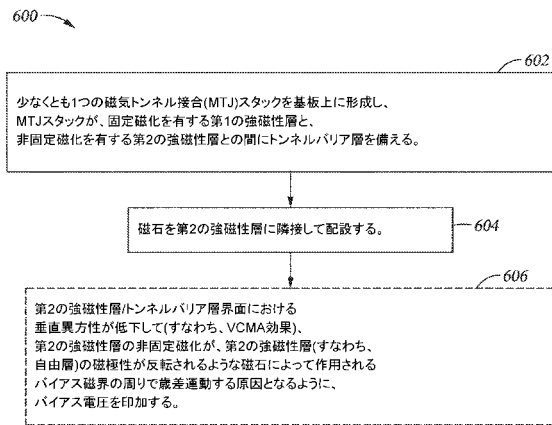
【図 3】



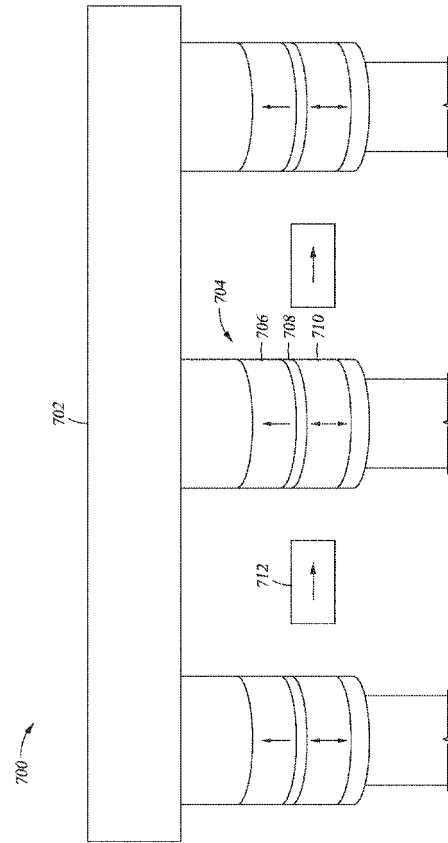
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F092 AA12 AB06 AC12 AD03 AD23 AD24 AD25 BB23 BB36 BB43
BB66 BC03

【外国語明細書】
2016225633000001.pdf