

(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2012-99816  
(P2012-99816A)

(43) 公開日 平成24年5月24日(2012.5.24)

(51) Int.Cl.

**H01L 27/105 (2006.01)**  
**H01L 21/8246 (2006.01)**  
**H01L 29/82 (2006.01)**  
**H01L 43/08 (2006.01)**  
**H01L 43/10 (2006.01)**

F 1

H01L 27/10  
H01L 29/82  
H01L 43/08  
H01L 43/10

4 4 7

Z

テーマコード(参考)

4M119  
5FO92

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2011-236199 (P2011-236199)

(22) 出願日

平成23年10月27日 (2011.10.27)

(31) 優先権主張番号

12/916,738

(32) 優先日

平成22年11月1日 (2010.11.1)

(33) 優先権主張国

米国(US)

(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、95014 カリフォルニア州、クパチーノ、サウス・ディ・アンザ・ブルバード、10200

(74) 代理人

110001195  
特許業務法人深見特許事務所

(72) 発明者

ジョン・ウォンジュン  
アメリカ合衆国、55420 ミネソタ州  
、ブルーミントン、グランド・アベニュー・サウス、9741、ナンバー・316

(72) 発明者

チェン・ユアンカイ  
アメリカ合衆国、94539 カリフォルニア州、フリーモント、スター・ストリート、43162

最終頁に続く

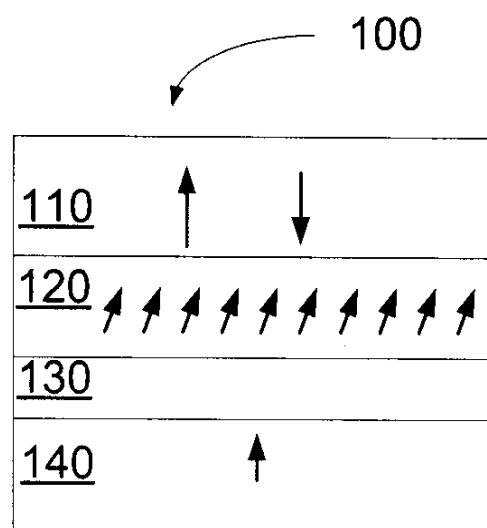
(54) 【発明の名称】磁気トンネル接合セル、装置、およびメモリアレイ

## (57) 【要約】

【課題】低電流および高面密度を可能とする、垂直異方性および強化層を有する磁気トンネル接合セルを提供する。

【解決手段】磁気トンネル接合セルは、強磁性自由層と、少なくとも約15 の厚みを有する強化層と、酸化物バリヤ層と、強磁性基準層とを含む。強化層および酸化物バリヤ層は、強磁性基準層と強磁性自由層との間に配置され、酸化物バリヤ層は強磁性基準層に隣接して配置される。強磁性自由層、強磁性基準層、および強化層は、すべて、面外の磁化方向を有する。

【選択図】図1A



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

磁気トンネル接合セルであって、  
強磁性自由層と、  
少なくとも約 15 の厚みを有する強化層と、  
酸化物バリヤ層と、  
強磁性基準層とを備え、

前記強化層および前記酸化物バリヤ層は、前記強磁性基準層と前記強磁性自由層との間に配置され、前記酸化物バリヤ層は、前記強磁性基準層に隣接して配置され、

前記強磁性自由層、前記強磁性基準層、および前記強化層は、すべて、面外の磁化方向を有する、磁気トンネル接合セル。 10

**【請求項 2】**

前記強化層は、前記強磁性自由層に直接隣接して配置される、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 3】**

前記強化層は、前記強磁性自由層からわずかに分離されている、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 4】**

前記強化層は、少なくとも約 20 の厚みである、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。 20

**【請求項 5】**

前記強化層は、約 15 から 20 の厚みである、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 6】**

前記強化層は、NiFe、CoFe、またはCoFeB を含む、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 7】**

前記強磁性基準層に直接隣接する固定層をさらに備える、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 8】**

前記強磁性自由層と前記強化層との間に配置された挿入層をさらに備える、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。 30

**【請求項 9】**

前記挿入層は、タンタラム、ルテニウム、クロム、またはマグネシウム酸化物を含む、請求項 8 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 10】**

前記強磁性自由層および前記強磁性基準層は、単層の TbCoFe、GdCoFe、またはFePt、および、Co / PtCo / Ni のラミネート層の中から選択される、請求項 1 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 11】**

前記強磁性自由層および前記強磁性基準層の双方は、約 35 から約 60 原子百分率の量の鉄 (Fe) を有する、FePt を含む、請求項 10 に記載の磁気トンネル接合セル。 40

**【請求項 12】**

前記強磁性自由層および前記強磁性基準層の双方は、約 20 から約 35 原子百分率の量のテルビウム (Tb) と約 40 から約 75 原子百分率の量の鉄 (Fe) を有する TbCoFe を含む、請求項 10 に記載の磁気トンネル接合セル。

**【請求項 13】**

装置であって、  
磁気トンネル接合セルと、  
トランジスタとを備え、

10

20

30

40

50

前記磁気トンネル接合セルは、  
強磁性自由層と、  
少なくとも約 15 の厚みを有する強化層と、  
酸化物バリヤ層と、  
強磁性基準層とを含み、  
前記強化層および前記酸化物バリヤ層は、前記強磁性基準層と前記強磁性自由層との間に配置され、前記酸化物バリヤ層は、前記強磁性基準層に隣接して配置され、  
前記強磁性自由層、前記強磁性基準層、および前記強化層は、すべて、面外の磁化方向を有し、  
前記トランジスタは、前記磁気トンネル接合セルに電気的に接続される、装置。 10

## 【請求項 14】

前記強化層は、前記強磁性自由層に直接隣接して配置される、請求項 13 に記載の装置。  
。

## 【請求項 15】

前記強化層は、少なくとも約 20 の厚みである、請求項 13 に記載の装置。

## 【請求項 16】

前記強化層は、約 15 から 20 の厚みである、請求項 13 に記載の装置。

## 【請求項 17】

前記強化層は、NiFe、CoFe、またはCoFeB を含む、請求項 13 に記載の装置。 20

## 【請求項 18】

メモリアレイであって、  
複数の並列の導電ビットラインと、  
前記ビットラインに概して直交する複数の並列の導電ワードラインと、  
複数の磁気トンネル接合セルとを備え、  
各磁気トンネル接合セルは、

強磁性自由層と、  
少なくとも約 15 の厚みを有する強化層と、  
酸化物バリヤ層と、  
強磁性基準層とを含み、

前記強化層および前記酸化物バリヤ層は、前記強磁性基準層と前記強磁性自由層との間に配置され、前記酸化物バリヤ層は、前記強磁性基準層に隣接して配置され、  
前記強磁性自由層、前記強磁性基準層、および前記強化層は、すべて、面外の磁化方向を有し、

複数の磁気トンセル接合セルの各々は、前記ビットラインおよびワードラインの交点に配置される、メモリアレイ。 30

## 【請求項 19】

前記強化層は、少なくとも約 20 の厚みである、請求項 18 に記載のメモリアレイ。

## 【請求項 20】

前記強化層は、NiFe、CoFe、またはCoFeB を含む、請求項 18 に記載の装置。 40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、磁気トンネル接合セル、装置、およびメモリアレイに関し、より特定的には、磁気異方性および強化層を有する磁気トンネル接合セルに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

## 背景

新しいタイプのメモリは、一般に利用されるメモリの形式と競合するような、顕著な潜

在能を発揮した。たとえば、不揮発性スピントランスマルチクランダムアクセスメモリ（ここでは、S T - R A Mとも称する。）は、「万能」メモリとして論じられた。磁気トンネル接合（Magnetic Tunnel Junction：M T J）セルは、その高速で、相対的に高密度かつ低消費電力のために、S T - R A Mにおけるそれらの用途について大きく注目された。

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0 0 0 3】**

大部分の活動は、面内磁気異方性を有するM T Jセルに焦点が向けられてきた。しかしながら、適正な温度安定性のために、スイッチング電流をどれだけ低くできるかについて制限があり、それは、C M O Sトランジスタのサイズをさらに制限し、最終的にはメモリアレイの密度を制限する。さらに、セル形状および端部粗さの許容値が非常に低く、それは、フォトリソグラフィ技術の挑戦であり得る。磁気トンネル接合セル構造および材料を改善するために設計された技術、設計、および修正は、S T - R A Mの利点を最大化するための進歩の重要な領域を残している。

10

**【課題を解決するための手段】**

**【0 0 0 4】**

**簡単な要約**

本開示は、しばしば磁気トンネル接合セルと称される、磁気スピントルクメモリセルに関し、それは、ウェハ平面に垂直に揃えられた、または「面外」の、関連した強磁性層の磁気異方性（すなわち、磁化方向）を有する。

20

**【0 0 0 5】**

本開示の1つの特定の実施形態は、強磁性層と、少なくとも約15の厚みを有する強化層と、酸化物バリヤ層と、強磁性基準層とを含む磁気トンネル接合セルである。強化層および酸化物バリヤ層は強磁性基準層と強磁性自由層との間に配置され、酸化物バリヤ層は強磁性基準層に隣接して配置される。強磁性自由層、強磁性基準層、および強化層は、すべて、面外の磁化方向を有する。

30

**【0 0 0 6】**

本開示の他の特定の実施形態は、磁気トンネル接合セルとトランジスタとを備える装置である。磁気トンネル接合セルは、強磁性自由層と、少なくとも約15の厚みを有する強化層と、酸化物バリヤ層と、強磁性基準層とを含む。強化層および酸化物バリヤ層は強磁性基準層と強磁性自由層との間に配置され、酸化物バリヤ層は強磁性基準層に隣接して配置される。強磁性自由層、強磁性基準層、および強化層は、すべて、面外の磁化方向を有する。トランジスタは、磁気トンネル接合セルに電気的に接続される。

30

**【0 0 0 7】**

本開示のさらに他の実施形態は、複数の並列の導電ビットラインと、ビットラインに概して直交する複数の並列の導電ワードラインと、複数の磁気トンネル接合セルとを備えるメモリアレイである。各磁気トンネル接合セルは、強磁性自由層と、少なくとも約15の厚みを有する強化層と、酸化物バリヤ層と、強磁性基準層とを含む。強化層および酸化物バリヤ層は強磁性基準層と強磁性自由層との間に配置され、酸化物バリヤ層は強磁性基準層に隣接して配置される。強磁性自由層、強磁性基準層、および強化層は、すべて、面外の磁化方向を有する。複数の磁気トンネル接合セルの各々は、ビットラインおよびワードラインの交点に配置される。

40

**【0 0 0 8】**

これらの、およびさまざまな他の特徴および利点が、以下の詳細な説明の解釈から明らかになるであろう。

**【0 0 0 9】**

本開示は、添付の図面に関連して、本開示のさまざまな実施形態についての以下の詳細な説明を考慮して、より完全に理解され得る。

50

**【図面の簡単な説明】**

## 【0010】

【図1A】例示的なMTJセルの概略図である。

【図1B】任意的な固定層を含む、例示的なMTJセルの概略図である。

【図1C】任意的な強化層ならびに第1および第2の電極を含む、例示的なMTJセルの概略図である。

【図1D】低抵抗状態における、面外磁化方向を有する例示的なMTJセルの概略図である。

【図1E】高抵抗状態における、例示的な磁気トンネル接合メモリセルの概略側面図である。

【図2】メモリセルおよび半導体トランジスタを含む、例示的なメモリユニットの概略図である。

10

【図3】例示的なメモリアレイの概略図である。

【図4A】10 CoFeB強化層を有するMTJセルについての、印加磁界に対する垂直磁気モーメントのグラフである。

【図4B】20 CoFeB強化層を有するMTJセルについての、印加磁界に対する垂直磁気モーメントのグラフである。

【図5】20 CoFeB強化層を有するMTJセルについての、TMR比およびスイッチング電流( $A/cm^2$ )を示す図である。

【発明を実施するための形態】

20

図は、必ずしも縮尺通りではない。図において用いられる同じ符号は、同じ構成要素を示す。しかしながら、所与の図において構成要素を示すための符号の使用は、同じ符号が付された他の構成要素に限定することを意図したものではないことが、理解されるだろう。

## 【0011】

## 詳細な説明

本開示は、ウェハ平面に垂直に揃えられた、または「面外」の、関連した強磁性層の磁化方向をもたらす磁気異方性を有する、磁気トンネル接合(MTJ)セルのさまざまな実施形態に向けられる。

## 【0012】

30

以下の説明においては、本明細書の一部を形成するとともに、さまざまな特定の実施形態の例として示される、添付の1組の図面が参照される。他の実施形態が予期され、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、限定の意味で採用されるべきではない。本明細書で与えられるすべての定義は、ここで頻繁に用いられる特定の用語の理解を容易にするものであり、本開示の範囲を限定することを意図したものではない。

## 【0013】

30

そうでないと示されない場合には、明細書および特許請求の範囲で用いられるフィーチャサイズ、量、および物理特性を表現するすべての数値は、「約」の語句によってすべての事例において修正されるものと理解されるべきである。したがって、反対であることが示されていなければ、上記の明細書および添付の特許請求の範囲に記載された数値パラメータは、本明細書に開示された教示を利用して当業者が得ようとする所望の特性に応じて変化することができる概算値である。

## 【0014】

40

本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、「a」、「an」および「the」の単数形は、その内容が明らかにそうでないと示していかなければ、複数の参照を含む実施形態を網羅する。本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、語句「または」は、その内容が明らかにそうでないと示していかなければ、一般的に「および/または」を含む意味が採用される。

## 【0015】

50

## 【0016】

本開示は、あまり限定されないが、本開示のさまざまな局面の理解は、以下に与えられる例の議論を通して深まるであろう。

#### 【0017】

図1Aは、垂直または面外磁化方向を有する例示的なMTJセルを示す。MTJセル100は、比較的緩い(soft)強磁性自由層110と、強磁性基準(たとえば、固定)層140とを含む。強磁性自由層110および強磁性基準層140は、酸化物バリヤ層130または非磁気トンネルバリヤ層によって分離される。MTJセル100は、強化層120も含む。強化層120は、酸化物バリヤ層130に隣接して、自由層110に隣接して、または、酸化物バリヤ層130および自由層110の双方に隣接して配置することができる。MTJセル100は、強化層および酸化物バリヤが強磁性基準層と強磁性自由層との間に配置されるとともに、酸化物バリヤ層が強磁性基準層に隣接して配置されるものとしても記述され得る。

10

#### 【0018】

自由層110、基準層140、および強化層120は、各々、関連した磁化方向を有する。層110、120、140の磁化方向は、層の伸延方向、およびメモリセル100が形成されるウェハ基板の平面に不平行に向けられる。いくつかの実施形態においては、層110、120、140の磁化方向は「面外」と称され得る。いくつかの実施形態においては、層110、120、140の磁化方向は「少なくとも実質的に垂直」と称され得る。いくつかの実施形態においては、層110、120、140の磁化方向は「垂直」と称され得る。いくつかの実施形態においては、層110および140の磁化方向は「垂直」であり、層120の磁化方向は「面外」または「少なくとも実質的に垂直」と称され得る。自由層110の磁化方向は、基準層140および強化層120双方の磁化方向よりも、より容易に切換可能である。シード層またはキャッピング層のような他の任意の層は、明確性のために、これらの図には示されていない。

20

#### 【0019】

自由層110および基準層140は、たとえば、Fe、Co、またはNiのような任意の有用な強磁性(ferromagnetic: FM)材料、およびNiFeおよびCoFeのようなそれらの合金で、独立して製造され得る。自由層110および基準層140のいずれか、または双方は、単層あるいは複層(マルチレイヤ)のいずれかであり得る。自由層および固定層を構成することができる材料の特定の例は、TbCoFe、GdCoFe、FePtのような垂直異方性を有する单一の層、Co/PtCo/Niマルチレイヤのようなラミネート層、ならびに、Co/FeおよびCoFeB合金のような高スピン偏極強磁性材料で積層された垂直異方性材料を含み得る。

30

#### 【0020】

実施形態においては、少なくとも自由層110(および実施形態においては、基準層140も)を構成する材料の組成は、補償温度、垂直異方性、および隣接する強化層との交換カップリング(exchange coupling)を強化するように選択され得る。少なくとも自由層のために利用され得るFePtの例示的な組成は、35~60原子百分率の範囲の鉄(Fe)の量、および40~65原子百分率の範囲のプラチナ(Pt)の量を有し得る。少なくとも自由層のために利用され得るTbCoFeの例示的な組成は、20~35原子百分率の範囲のテルビウム(Tb)の量、40~75原子百分率の範囲の鉄(Fe)の量、および5~40原子百分率の範囲のコバルト(Co)の量を有し得る。

40

#### 【0021】

自由層110および基準層140は、一般的に、少なくとも20の厚みを有し得る。実施形態においては、自由層110および基準層140は少なくとも50の厚みを有し得る。実施形態においては、自由層110および基準層140は80の厚みを有し得る。実施形態においては、自由層110および基準層140は80の厚みを有し、たとえばTbCoFeで作られる。

#### 【0022】

バリヤ層130は、たとえば、酸化物材料(たとえば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>x</sub>、またはM

50

$g O_x$ ) または半導体材料のような、電気絶縁材料で作られ得る。バリヤ層 130 は、単層ともできるし、あるいは、他の酸化物や金属(たとえば、Mg / MgO バリヤ)で積層された層ともできる。バリヤ層 130 は、プロセスの実行可能性および装置の信頼性に応じて、任意的に、自由層 110 または基準層 140 とパターン化されてもよい。

#### 【0023】

強化層 120 は、自由層 110 に近接して配置され得る。実施形態においては、強化層 120 は、自由層 110 に直接隣接して配置され得る。強化層 120 は、自由層のスピニ偏極を強化するように機能し、それはより高いトンネリング磁気抵抗(TMR)をもたらす。開示された強化層 120 は、自由層 110 からわずかに分離され得る。これは、強化層 120 を相対的に厚くすることによって、(自由層 110 に対して)わずかに傾いた磁気モーメントを有することによって、あるいはこれらの組み合わせによって達成することができる。自由層 110 に対する強化層 120 のわずかに傾いた磁気モーメントは、ウェハ基板に対して実質的に垂直だけであるように特徴付けられる。

10

#### 【0024】

実施形態においては、強化層 120 は比較的厚くされ得る。実施形態においては、強化層 120 は、少なくとも 15 オングストローム( )の厚みであり得る。実施形態においては、強化層 120 は 20 の厚みであり得る。実施形態においては、強化層 120 は、18 ~ 22 であり得る。強化層 120 の厚み、すなわち少なくとも 15 は、自由層 110 と強化層 120 との間の交換カップリングを弱めることができ、それによって、強化層の磁気モーメントがいくらか傾けられる。強化層の厚みのこの効果は、自由層 110 の磁気モーメントからわずかに軸がずれている強化層 120 の磁気モーメントを示す矢印によって、図 1A の概略図において見ることができる。強化層における傾斜した磁気モーメントによって、強化層の TMR をさらに増加し得るが、同時にスイッチング電流を低減することができる。

20

#### 【0025】

強化層 120 は、一般的に、任意の強磁性材料で作ることができる。実施形態においては、強化層 120 は、高いスピニ偏極を有する強磁性材料で作ることができる。たとえば、強化層 120 は、Fe、Co または Ni、および、たとえば NiFe、CoFe または CoFeB 合金のようなそれらの合金で作ることが出来る。実施形態においては、強化層 120 は、20 ~ 86 原子百分率の組成の Co と、10 ~ 60 原子百分率の組成の Fe と、4 ~ 20 原子百分率の組成の B を有する CoFeB 合金であり得る。実施形態においては、強化層 120 は CoFeB で作られ、15 ~ 25 の厚みを有する。

30

#### 【0026】

強化層 120 は、また、任意的に任意の厚みを有し得るが、自由層の垂直軸からわずかにずれた磁気モーメントを有するように形成され得る。これは、図 1A において概略的に示される。そのような実施形態においては、強化層の効果は必ずしも必要ではないが、より効果的なスピントルクトランスマニアを可能とし得る強化層の磁気モーメント自体が必要であり、それはスイッチング電流の低減をもたらす。

#### 【0027】

図 1B は、MTJ セルの他の例示的な実施形態を示す。この MTJ セル 101 は、基準層 140 に近接、または隣接して配置される任意的な固定層 150 を含む。固定層 150 は、もし存在すれば、基準層 140 の磁化方向を固定する。いくつかの実施形態においては、このような固定層 150 は、ゼロ磁化を有してもよいが、依然として基準層 140 の磁化を固定し得る。固定層は、もしあれば、PtMn、IrMn などのような、反強磁性方向材料(AFM)としてもよい。

40

#### 【0028】

図 1C は、上述のような MTJ セル 103 を含む例示的なスタックまたは装置 102 を示す。このような装置 102 は、強磁性自由層 110 の電気的に接触する第 1 の電極と、強磁性基準層 140 あるいはこの特定の実施形態においては固定層 150 と電気的に接触する第 2 の電極とを有する。電極 160, 170 は、強磁性自由層 110 および強磁性基

50

準層 140 を、層 110, 140 を流れる読取電流および書込電流を与える制御回路へ電気的に接続する。MTJセル 103 の抵抗は、強磁性層 110, 140 の磁化ベクトルまたは磁化方向の相対方向によって定められる。図示された実施形態においては、強磁性基準層 140 の磁化方向は、固定層 150 によって予め定められた方向に固定され、一方、強磁性自由層 110 の磁化方向は、スピントルクの影響下で回転するよう自由である。

#### 【0029】

図 1C に示されるような実施形態においては、自由層 110 および強化層 120 は、任意的な挿入層 125 によって分離され得る。任意的な挿入層 125 は高磁気抵抗比を達成するために、バリヤ品質を向上し、中間層カップリングを低減し、さらに耐食性を向上するように機能し得る。挿入層は、金属材料、半導体材料、または絶縁材料で作ることができ。例示的な材料は、たとえば、タンタラム (Ta)、ルテニウム (Ru)、クロム (Cr)、または酸化マグネシウム (MgO) を含み得る。

10

#### 【0030】

図 1D は、自由層 110 の磁化方向が基準層 140 の磁化方向と同じである低抵抗状態にある磁気トンネル接合メモリセル 105 を示す。図 1E においては、磁気トンネル接合メモリセル 106 は、自由層 110 の磁化方向が基準層 140 の磁化方向と反対である高抵抗状態にある。いくつかの実施形態においては、低抵抗状態は「0」データ状態であり、高抵抗状態は「1」データ状態であり得る。一方、他の実施形態においては、低抵抗状態を「1」データ状態とし、高抵抗状態を「0」データ状態としてもよい。

20

#### 【0031】

磁気トンネル接合メモリセル 105 の磁気層を流れる電流が、スピントルクを自由層 110 に与えると、スピントランスマサを介して、抵抗状態すなわち磁気トンネル接合メモリセル 105 のデータ状態の切換えが生じる。十分なスピントルクが自由層 110 に印加されると、自由層 110 の磁化方向は、2つの対向する方向の間で切換えられ、したがって、磁気トンネル接合メモリセル 105 を、低抵抗状態と高抵抗状態との間で切換えることができる。

20

#### 【0032】

図 2 は、導電素子 240 を介して、半導体ベーストランジスタのようなトランジスタ 220 と電気的に接続されるメモリ素子 210 を含む、例示的なメモリユニット 200 の概略図である。メモリ素子 210 は、本明細書で説明されたどのような MTJ セルであってもよい。トランジスタ 220 は、(たとえば、n ドープ領域として図示される) ドープ領域およびドープ領域間の(たとえば、p ドープチャネル領域として図示される) チャネル領域を有する半導体基板 250 を含む。トランジスタ 220 は、ワードライン WL に電気的に結合されて、選択およびビットライン BL からメモリ素子 210 へ電流を流すことを可能とするゲート 260 を含む。プログラマブル金属化メモリユニット 200 のアレイは、半導体製造技術を利用して、半導体基板上に形成され得る。

30

#### 【0033】

図 3 は、例示的なメモリアレイ 300 の概略回路図である。本明細書で説明された複数のメモリユニット 350 が、アレイ内に配列されて、メモリアレイ 300 が形成される。メモリアレイ 300 は、多くの平行な導通ビットライン 310 を含む。メモリアレイ 300 は、ビットライン 310 に概して直交する、多くの平行な導通ワードライン 320 を含む。ワードライン 320 およびビットライン 310 は、交点アレイを形成し、その各交点にメモリユニット 350 が配置される。メモリユニット 350 およびメモリアレイ 300 は、従来の半導体製造技術を用いて形成することができる。

40

#### 【0034】

本明細書に開示された MTJ セルは、たとえば、プラズマ蒸着 (plasma vapor deposition : PVD)、蒸着および分子線エピタキシー (molecular beam epitaxy : MBE) を含む、さまざまな技術を用いて製造することができる。

#### 【0035】

本明細書に開示された MTJ セルは、MRAM アプリケーション、記録ヘッド、および

50

大MR比を利用する任意の用途において使用することができるが、依然として、温度安定性および製造の容易性は必要とされる。そのようなさまざまな用途には、たとえば、センサ用途、および発振器用途を含み得る。

#### 【0036】

80 の TbCoFe 層および 10 の CoFeB 強化層を有する MTJ セルおよび 80 の TbCoFe 層および 20 の CoFeB 強化層を有する MTJ セルの垂直磁気モーメントが、印加磁場の関数として比較された。図 4A (10 の CoFeB 強化層) および図 4B (20 の CoFeB 強化層) に、結果が示される。より滑らかな推移によって示されるように、20 の CoFeB 強化層を有する MTJ セルにおいては、強化層の自由層への結合はあまり強くない。図 5 は、20 の CoFeB 強化層を有する MTJ セルについての、TMR 比およびスイッチング電流 ( $A / cm^2$ ) を示す。図 5 から理解されるように、20 の CoFeB 強化層を有する MTJ セルは、RA と  $35 / \mu m^2$  の積で、160% の TMR 比を達成した。このような MTJ セルが、MRAM アプリケーションで用いられる場合、臨界スイッチング電流は、 $1.5 \times 10^6 A / cm^2$  と同じ位低く、それは、より低エネルギー消費メモリを提供するために非常に有益であり得る。  
10

#### 【0037】

本開示においては、垂直磁気異方性を有する磁気トンネル接合セルのさまざまな構成設計が提供された。その設計およびパターニングプロセスは、適切な温度安定性を有する低スイッチング電流を可能とするとともに、プロセスバリエーションに対する増加された許容範囲を有する高面密度を可能とする。  
20

#### 【0038】

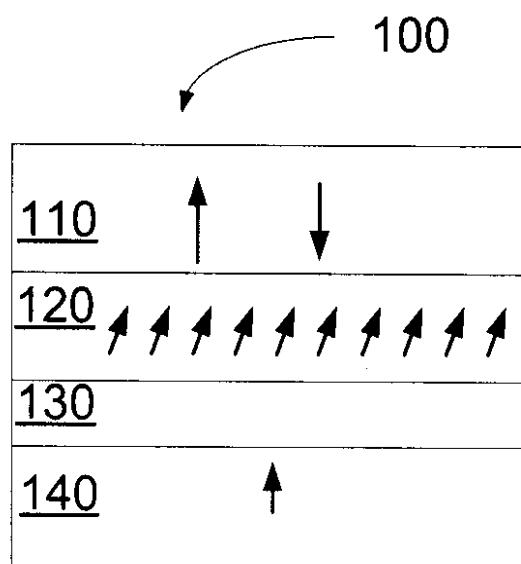
このように、「垂直異方性および強化層を有する磁気トンネル接合セル」の実施形態が開示される。上述された実行例および他の実行例は、以下の特許請求の範囲の範囲内である。当業者は、本発明がこれらの開示以外の実施形態で実行され得ることを理解するであろう。開示された実施形態は、限定ではなく例示のために提示され、本開示は以下の特許請求の範囲によってのみ限定される。

#### 【符号の説明】

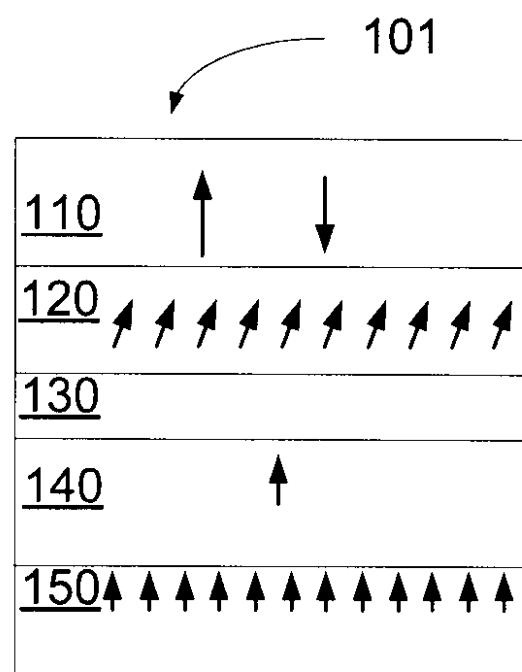
#### 【0039】

100, 101, 103 MTJ セル、102 装置、105, 106 磁気トンネル接合メモリセル、110 強磁性自由層 110, 120 強化層、125 挿入層、130 酸化物バリヤ層、140 強磁性基準層、150 固定層、160, 170 電極、200, 350 メモリユニット、210 メモリ素子、220 トランジスタ、240 導通素子、250 半導体基板、260 ゲート、300 メモリアレイ、310, BL ビットライン、320, WL ワードライン。  
30

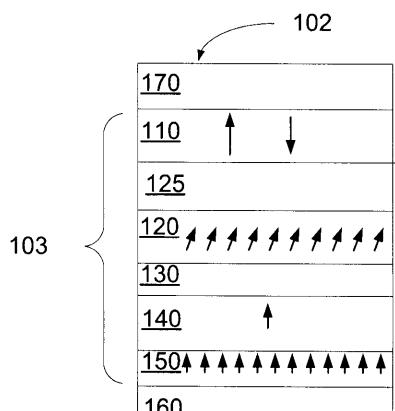
【図 1 A】



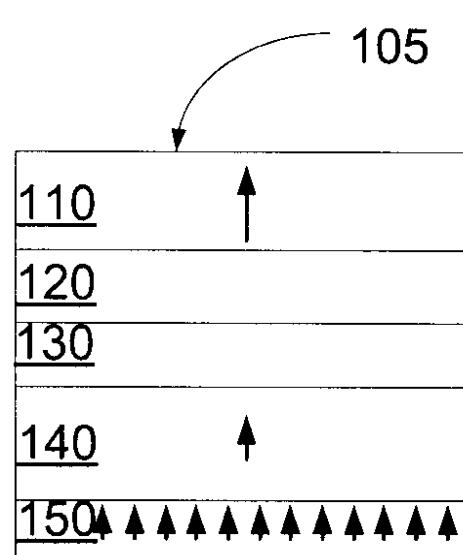
【図 1 B】



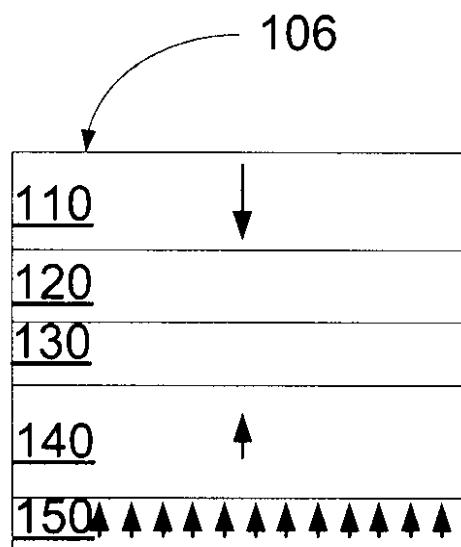
【図 1 C】



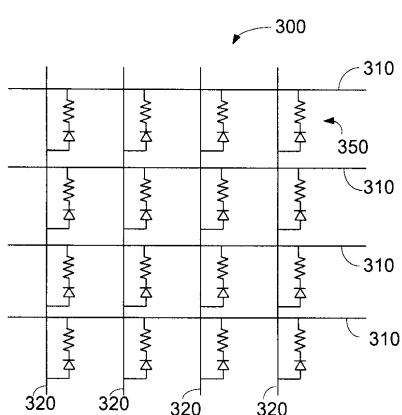
【図 1 D】



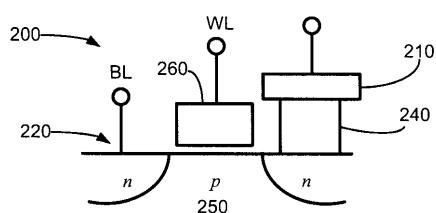
【図 1 E】



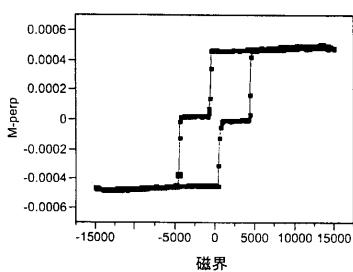
【図 3】



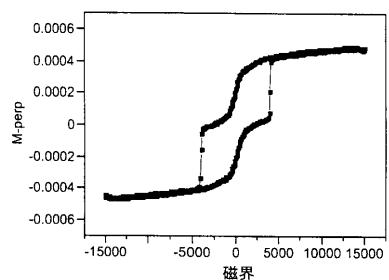
【図 2】



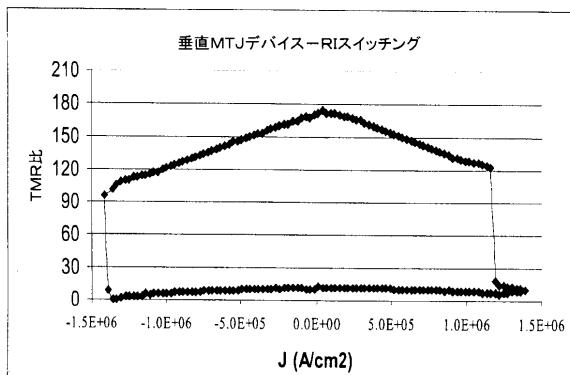
【図 4 A】



【図 4 B】



【図 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 チェン・ガオ

アメリカ合衆国、95123 カリフォルニア州、サン・ノゼ、マカティ・サークル、5537

Fターム(参考) 4M119 AA03 AA11 BB01 CC05 DD03 DD05 DD06 DD17 DD33 DD42

DD45 DD55 EE22 EE27 FF05 FF16

5F092 AA01 AA12 AB07 AB08 AC12 AD03 AD23 AD25 BB17 BB22

BB23 BB34 BB35 BB36 BB42 BB43 BC04 BC12 BC13 BC14

BE24 BE27