

(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2012-146984

(P2012-146984A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012.8.2)

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

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L 外国語出願 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-3704 (P2012-3704)
 (22) 出願日 平成24年1月12日 (2012.1.12)
 (31) 優先権主張番号 11290013.9
 (32) 優先日 平成23年1月13日 (2011.1.13)
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

(71) 出願人 509096201
 クロッカス・テクノロジー・ソシエテ・ア
 ノニム
 フランス国、38025 グルノーブル・
 セデクス、プラス・ロベール・シューマン
 、5
 (74) 代理人 100069556
 弁理士 江崎 光史
 (74) 代理人 100111486
 弁理士 鍛冶澤 實
 (74) 代理人 100153419
 弁理士 清田 栄章
 (72) 発明者 ヨアン・リュシアン・プルジブアニュ
 フランス国、38170 セシネ・パリゼ
 、リュ・ドゥ・コンボワール、41
 最終頁に続く

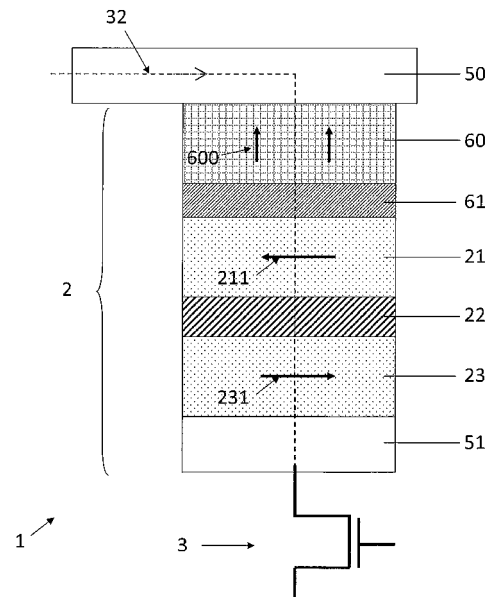
(54) 【発明の名称】 分極層を備える磁気トンネル接合

(57) 【要約】

【課題】 分極層を備える磁気トンネル接合を提供する。

【解決手段】 本発明は、一定の向き第1磁化を有する第1強磁性層と自由に偏向可能な第2磁化を有する第2強磁性層との間にあるトンネル障壁層と、第1磁化及び第2磁化にほぼ垂直な磁化極性を有する分極層とを備える磁気トンネル接合を備えるメモリ素子であって、第1及び第2強磁性層が、磁気トンネル接合のトンネル磁気抵抗が約150%以上になるようにアニールされるメモリ装置に関する。さらに、本発明は、当該MRAMセルを製造する方法に関する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

スピン分極電流によって書き込まれる磁気トンネル接合を製造するための方法であって、前記磁気トンネル接合は、一定の向き第 1 磁化を有する第 1 強磁性層と自由に偏向可能な第 2 磁化を有する第 2 強磁性層との間のトンネル障壁層、及び磁化極性を有する分極層を備える当該方法において、

この方法は、

前記第 1 強磁性層、前記トンネル障壁層及び前記第 2 強磁性層を堆積するステップと、前記磁気トンネル接合のトンネル磁気抵抗が、約 150% 以上であるように、当該堆積された第 1 強磁性層及び第 2 強磁性層を第 1 アニール温度でアニールするステップと

10

、前記分極層を堆積するステップと、

前記磁化極性を前記第 1 磁化及び前記第 2 磁化に対してほぼ垂直に向けさせるため、当該堆積された分極層を第 2 アニール温度でアニールするステップとから成り、

当該堆積された第 1 強磁性層及び第 2 強磁性層の、前記第 1 アニール温度での当該アニールは、前記分極層を堆積する前に実施される方法。

【請求項 2】

前記第 2 アニール温度は、前記第 1 アニール温度より低い請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 アニール温度は、約 340 ~ 360 である請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 4】

予め設定された前記第 2 アニール温度は、約 150 ~ 250 である請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 2 強磁性層と前記トンネル障壁層と前記第 1 強磁性層とを堆積するステップは、この順番で実施される請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 強磁性層と前記トンネル障壁層と前記第 2 強磁性層とを堆積するステップは、この順番で実施される請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 7】

磁気トンネル接合を備える MRAM セルにおいて、

この MRAM セルは、一定の向き第 1 磁化を有する第 1 強磁性層と自由に偏向可能な第 2 磁化を有する第 2 強磁性層との間のトンネル障壁層、並びに前記第 1 磁化及び前記第 2 磁化に対してほぼ垂直に向けさせる磁化極性を有する分極層を備え、

前記磁気トンネル接合のトンネル磁気抵抗が、約 150% 以上であるように、前記第 1 強磁性層及び第 2 強磁性層はアニールされる MRAM セル。

【請求項 8】

複数の MRAM セルを備える磁気メモリ装置において、

各 MRAM セルは、一定の向き第 1 磁化を有する第 1 強磁性層と自由に偏向可能な第 2 磁化を有する第 2 強磁性層との間のトンネル障壁層、並びに前記第 1 磁化及び前記第 2 磁化に対してほぼ垂直に向けさせる磁化極性を有する分極層を備え、

40

前記磁気トンネル接合のトンネル磁気抵抗が、約 150% 以上であるように、前記第 1 強磁性層及び第 2 強磁性層はアニールされる磁気メモリ装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、分極層を備え且つ小さいスピン分極電流によって書き込まれる磁気トンネル接合を製造するための方法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)は、周囲温度で強い磁気抵抗を有する磁気トンネル接合の発見により、改めて注目を浴びている。これらのMRAMには、速度(数ナノ秒の書き込み及び読み出し期間)、不揮発性及び電離放射線に対する不感受性など多くの利点がある。したがって、コンデンサの帯電状態に基づくより従来型の技術を使用するメモリ(DRAM、SRAM、FLASH)の代わりに徐々に用いられるようになってきている。

【0003】

特許文献1に記載されているものなど従来MRAMセルは、固定磁化を有する第1強磁性層と、MRAMセルの書き込み操作中に変えることができる磁化方向を有する第2強磁性層と、それら2つの強磁性層の間にある薄い絶縁層又はトンネル障壁とを備える磁気トンネル接合から形成される。MRAMセルへの書き込み操作中、第2強磁性層の磁化は、第1強磁性層の磁化に平行又は反平行に向けさせることができ、それぞれ低い磁気接合抵抗又は高い磁気接合抵抗を生じる。

10

【0004】

このMRAMセルは、特許文献2に記載されるものなどスピントランスファー注入トルク(STT)方式に基づく書き込み操作を使用して書き込みを実施できる。STTベースの書き込み操作は、磁気トンネル接合に接続された電流線を介して磁気トンネル接合にスピン分極電流を流すことを含む。外部磁場を用いて書き込みを実施するMRAMセルとは対照的に、スピン分極電流は、磁気トンネル接合の表面積に反比例して増減する。したがって、STTベースの書き込み操作で書き込みを実施するMRAMセル、すなわちSTTベースMRAMセルは、高密度MRAMにとって有望である。さらに、STTベースMRAMセルは、外部磁場を使用してMRAMセルへの書き込みが実施されるときよりも速く書き込みを実施できる。

20

【0005】

現在のところ、STTベースMRAMセルの最も実用的な実装形態は、いわゆる「長手方向」構成を有し、この構成では、スピン分極電流のスピンが第2強磁性層の磁化と共軸に注入される。これは、典型的には、平面内磁化(強磁性層の平面内の磁化)又は平面に垂直な磁化を有する強磁性材料を使用することによって実現される。

【0006】

従来STTベースMRAMセルでは、注入されたスピン分極電流のスピンは、第2強磁性層の磁化の向きほぼ平行に整列される。このとき、注入されたスピンによって第2強磁性層の磁化に及ぼされるトルクは、ほぼ零である。

30

【0007】

STTベースの書き込み操作中、書き込み速度は、第2強磁性層の磁化の切替えの確率的性質によって制限される。この確率的挙動は、注入されるスピンの平行な向きによって決定され、この向きは、第2強磁性層の磁化の方向に対する第1強磁性層又は分極層の磁化方向によって決定される。第2強磁性層の磁化の切替えは、磁化の熱活性化によって引き起こされる。すなわち、第2強磁性層の磁化の熱変動により、注入されたスピンと第2強磁性層のこの磁化との間の初期角度が生じるときに、磁化の切替えが引き起こされる。スイッチング速度は、典型的には、 10 MA/cm^2 程度のスピン分極電流に関しては約 10 ns 、又は 100 MA/cm^2 程度の電流に関しては 10 ns 未満のスイッチング遅延によって制限される。

40

【0008】

10 ns よりも小さい電流パルス幅に関して 1 MA/cm^2 未満の電流でメモリセルに書き込みを実施できるようにすることは、垂直に磁化された層、又は垂直偏極器を磁気トンネル接合に挿入することによって達成することができる。垂直偏極器は、非常に短いパルス幅でさえ、第1強磁性層磁化の向きと第2強磁性層磁化の向きとの間で初期角度を生み出す。この初期角度は、初期トルクを最大にし、それにより、第2強磁性層の磁化の切替えに必要な臨界スピン分極電流を最小にする。

50

【 0 0 0 9 】

特許文献3では、スピン分極電流の大きさは、磁気トンネル接合にスピン分極層又は合成反強磁性(SAF)多層を追加することによって減少される。あるいは、例えばMgOからなるトンネル障壁を提供することによって、第2強磁性層の飽和磁化を減少させることができ、又はスピン分極電流内の注入された電子のスピン偏極レベルを高めることができる。

【 0 0 1 0 】

MgOトンネル障壁に隣接する第1及び第2強磁性層の適切な結晶学的組織を得るために、MgOトンネル障壁層を、300よりも大きい、典型的には340～360の範囲内のアニーリング温度でアニールする必要がある。典型的な垂直偏極器は、コバルト/白金、もしくはコバルト/パラジウム、もしくはコバルト/ニッケルに基づく、又は希土類/遷移金属合金に基づく多層からなる。MgOベースのトンネル障壁と垂直偏極器とを備える磁気トンネル接合が上記のアニーリング温度にさらされる場合、多層垂直偏極器の界面での混合が生じることがある。さらに、希土類/遷移金属合金は、これらのアニーリング温度では不安定であることがある。

10

【 0 0 1 1 】

従来の磁気トンネル接合製造プロセスは、垂直偏極器及びMgOベースのトンネル障壁を含めた、磁気トンネル接合を形成する様々な層を堆積するステップと、磁気トンネル接合全体のアニーリングを実施するステップとから成る。その結果、MgOベースのトンネル障壁の適切なアニーリングと垂直偏極器の良好な特性とを1つの同じ磁気トンネル接合内に同時には得ることは不可能である。したがって、大きい磁気抵抗と良好に限定された垂直偏極器とを1つの磁気トンネル接合内に同時には得ることは不可能である。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 2 】

【 特許文献1 】 米国特許第5640343号明細書

【 特許文献2 】 米国特許第5695864号明細書

【 特許文献3 】 米国特許第6603677号明細書

【 特許文献4 】 米国特許第5583725号明細書

【 発明の概要 】

30

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 3 】

本発明の課題は、これらの欠点を解消することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 4 】

本発明は、スピン分極電流によって書き込みを実施できる磁気トンネル接合を形成製造する方法であって、磁気トンネル接合が、第1磁化を有する第1強磁性層と第2磁化を有する第2強磁性層との間にあるトンネル障壁層と、磁化極性を有する分極層とを備え、第1強磁性層、トンネル障壁層、及び第2強磁性層を堆積するステップと、磁気トンネル接合のトンネル磁気抵抗が約150%以上になるように、堆積された強磁性層を予め設定された第1アニーリング温度でアニールするステップとから成る方法がさらに、分極層を堆積するステップと、堆積された分極層を予め設定された第2アニーリング温度でアニールするステップとから成り、堆積された強磁性層を予め設定された第1アニーリング温度でアニールする前記ステップが、分極層を堆積するステップの前に実施され、予め設定された第2アニーリング温度が、磁化極性を第1磁化と第2磁化とに対してほぼ垂直に向けさせる方法に関する。

40

【 0 0 1 5 】

1つの実施の形態では、予め設定された第2アニーリング温度は、予め設定された第1アニーリング温度よりも低くすることができる。

【 0 0 1 6 】

50

別の実施の形態では、予め設定された第1アニーリング温度は、約340 ~ 360にすることができる。

【0017】

さらに別の実施の形態では、予め設定された第2アニーリング温度は、約150 ~ 250にすることができる。

【0018】

さらに別の実施の形態は、第2強磁性層、トンネル障壁層及び第1強磁性層を堆積するステップを、この順番で実施できる。

【0019】

さらに別の実施の形態では、第1強磁性層、トンネル障壁層及び第2強磁性層を堆積するステップが、この順番で実施される。

10

【0020】

さらに、本発明は、本明細書に開示する方法によって製造される磁気トンネル接合を備えるMRAMセルに関する。

【0021】

本明細書に開示する方法は、高いトンネル磁気抵抗を有し、垂直磁化極性を有する分極層を備える磁気トンネル接合を製造できるようにする。本明細書に開示する方法で製造される磁気トンネル接合は、小さいスピン分極電流を使用して書き込みを実施できる。

【0022】

本発明は、例として提示されて図1によって図示される実施の形態の説明から、より良く理解されよう。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】一実施の形態による磁気トンネル接合を備える磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)セルを示す。

【発明を実施するための形態】

【0024】

図1は、一実施の形態による磁気トンネル接合2を備える磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)セル1を示す。磁気トンネル接合2は、第1強磁性層21と、第2強磁性層23と、第1強磁性層21と第2強磁性層23の間の絶縁層又はトンネル障壁層22とを備える。好ましくは、第1強磁性層21は、一定の向き第1磁化211を有し、第2強磁性層23は、自由に偏向可能な第2磁化231を有する。第1磁化211は、反強磁性層(図示せず)と交換結合することができる。

30

【0025】

好ましくは、第1強磁性層21及び第2強磁性層23は、Fe、Co、もしくはNiなどの3d金属、又はそれらの合金からなる。最終的には、非晶質形態及び平坦な界面を得るために、層組成物にホウ素を添加することができる。トンネル障壁層22は、典型的には、アルミナ(Al_2O_3)又は酸化マグネシウム(MgO)からなる。好ましくは、第1強磁性層21は、例えば特許文献4に記載されているものなど合成反強磁性層から形成することができる。

40

【0026】

第2磁化231は、層23の平面内でのみ偏向させることができる。

【0027】

磁気トンネル接合2は、さらに、分極層60と、分極層60と第1強磁性層21の間に設けられた金属分離層61とを備える。この実施の形態では、分極層60は垂直な磁化極性600を有し、すなわち分極層60の磁化極性600は、層60の平面に対してほぼ垂直に、又は第1磁化と第2磁化211、231とに対してほぼ垂直に向けられる。

【0028】

分極層60は、例えば、Fe/PtもしくはFe/Pd、又はCo/Pt、Co/Pd、もしくはCo/Auなど、又はそれらの合金、あるいは希土類/遷移金属合金からなる

50

積層を備えることができる。

【0029】

磁気トンネル接合2は、さらに、第1導電線又は第1電極50と第2導電線又は第2電極51を備えることができ、これらの電極50及び51はそれぞれ、分極層60の側での磁気トンネル接合2の一端、及び磁気トンネル接合2の他端に配設される。MRAMセル1は、さらに、磁気トンネル接合2の一端と電氣的に連絡するCMOS選択トランジスタ3などのスイッチング素子を備えることができる。

【0030】

書き込み操作中、スピン分極電流32が、第2磁化231を切り替えることができるように所定の大きさを磁気トンネル接合2を通して流される。分極層60の磁化極性600が、第1磁化と第2磁化211、231とに対してほぼ垂直に向けられているとき、スピン分極電流32の電子は、分極層60内で、層21、23の平面に垂直なスピン方向に偏極させられる。スピン分極電流32の偏極されたスピン電子は、第2強磁性層23の平面内の第2磁化231の連続的な回転を引き起こす。本明細書に開示する磁気トンネル接合2では、第2磁化231の向きは、スピン分極電流32の所定の大きさが約 1×10^6 A/cm²以下であるときに切り替えることができる。

10

【0031】

一実施の形態によれば、磁気トンネル接合2を形成する方法は、第2電極51と第2強磁性層23とトンネル障壁層22と第1強磁性層21とを堆積するステップを有する。

【0032】

この方法は、さらに、堆積された強磁性層21、23をアニールするステップを含み、すなわち、例えば、堆積された層51、21、22、及び23を備える磁気トンネル接合2を、第1及び第2強磁性層21、23の適切な結晶学的組織を得るのに適合された予め設定された第1アニール温度でアニールするステップを含む。予め設定された第1アニール温度は、予め設定された第1アニール温度でのアニールステップ後に磁気トンネル接合2のトンネル磁気抵抗が最大になる、例えば約150%以上のトンネル磁気抵抗値を有するようなものである。例えば、予め設定された第1アニール温度は300よりも高いことがある。一実施の形態では、予め設定された第1アニール温度は、約340 ~ 360 である。

20

【0033】

この方法は、さらに、金属分離層61及び分極層60を堆積するステップを含む。

30

【0034】

分極層60が堆積された後、この方法は、さらに、堆積された分極層60をアニールするステップを含み、すなわち、堆積された分極層60を備える磁気トンネル接合2を予め設定された第2アニール温度でアニールするステップを含む。予め設定された第2アニール温度は、分極層60の磁化極性600を、分極層60の平面に対してほぼ垂直に、又は第1磁化と第2磁化211、231とに対してほぼ垂直に向けるようなものでよい。典型的には、予め設定された第2アニール温度は、予め設定された第1アニール温度よりも低い。例えば、予め設定された第2アニール温度は、約150 ~ 250 である。

40

【0035】

一実施の形態では、第1強磁性層21、トンネル障壁層22、及び第2強磁性層23を堆積するステップが、この順番で実施される。そのようにして製造される磁気トンネル接合2は、分極層60と第1強磁性層21の間に第2強磁性層23を備える。

【0036】

別の実施の形態では、第2強磁性層23、トンネル障壁層22、及び第1強磁性層21を堆積するステップが、この順番で実施される。そのようにして製造される磁気トンネル接合2は、分極層60と第2強磁性層23の間に第1強磁性層21を備える。

【0037】

堆積された強磁性層21、23を第1アニール温度でアニールするステップが、分

50

極層 6 0 を堆積するステップの前に実施される条件で、この方法での堆積及びアニーリングステップの別の順番も可能である。

【 0 0 3 8 】

本明細書に開示する磁気トンネル接合 2 を備える M R A M セル 1 を複数備えるアレイから、磁気メモリ装置（図示せず）を形成することができる。

【 0 0 3 9 】

ここで開示した方法を使用して製造された磁気トンネル接合 2 は、分極層 6 0 の平面に対してほぼ垂直な、又は第 1 及び第 2 磁化 2 1 1、2 3 1 に対してほぼ垂直な磁化極性 6 0 0 を有する分極層 6 0 を有し且つ高いトンネル磁気抵抗を有する磁気トンネル接合 2 の形成を可能にする。

10

さらに、当該方法は、多層分極層 6 0 の界面での混合を最小限にすることを可能にする一方で、強磁性層 2 1、2 3 及びトンネル障壁層 2 2 が、予め設定された高い第 1 アニーリング温度でアニールされ、150%以上の高いトンネル磁気抵抗を可能にする。

【符号の説明】

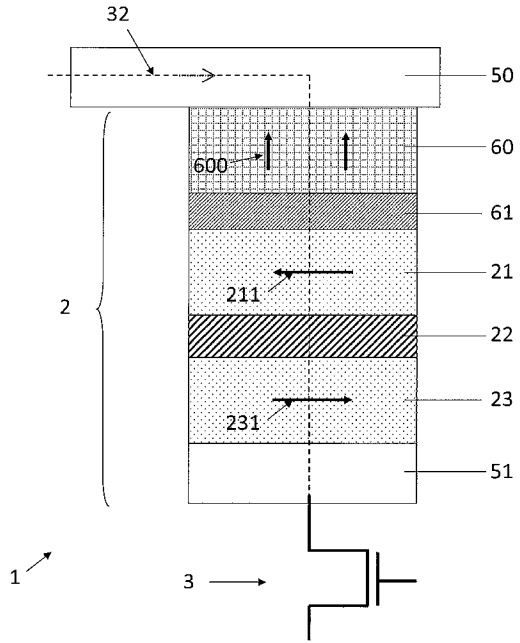
【 0 0 4 0 】

- 1 M R A M セル
- 2 磁気トンネル接合
- 2 1 第 1 強磁性層
- 2 1 1 第 1 磁化
- 2 2 トンネル障壁層
- 2 3 第 2 強磁性層
- 2 3 1 第 2 磁化
- 3 選択トランジスタ
- 3 0 前端層
- 3 2 スピン分極電流
- 5 0 第 1 導電線、第 1 電極
- 5 1 第 2 導電線、第 2 電極
- 6 0 分極層
- 6 0 0 磁化極性
- 6 1 金属分離層

20

30

【 図 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 リシャル・スサ

フランス国、3 8 0 0 0 グルノーブル、ブルヴァール・マレシャル・ルクレール、1 5

Fターム(参考) 4M119 AA03 AA17 AA19 BB01 CC05 DD02 DD17 DD33 DD45 JJ09

5F092 AA01 AA02 AA11 AB08 AC12 AD03 AD23 AD25 BB22 BB35

BB36 BB42 BB51 BC03 CA25

【外国語明細書】

2012146984000001.pdf