

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4493490号
(P4493490)

(45) 発行日 平成22年6月30日 (2010. 6. 30)

(24) 登録日 平成22年4月16日 (2010. 4. 16)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/8246 (2006. 01)	HO 1 L 27/10 4 4 7
HO 1 L 27/105 (2006. 01)	G 1 1 C 11/15 1 1 2
G 1 1 C 11/15 (2006. 01)	HO 1 L 43/08 Z
HO 1 L 43/08 (2006. 01)	

請求項の数 16 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-500299 (P2004-500299)	(73) 特許権者	390009531
(86) (22) 出願日	平成14年11月15日 (2002. 11. 15)		インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
(65) 公表番号	特表2005-524225 (P2005-524225A)		INTERNATIONAL BUSIN
(43) 公表日	平成17年8月11日 (2005. 8. 11)		ESS MASCHINES CORPO
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/036816		RATION
(87) 国際公開番号	W02003/092014		アメリカ合衆国10504 ニューヨーク
(87) 国際公開日	平成15年11月6日 (2003. 11. 6)		州 アーモンク ニュー オーチャード
審査請求日	平成16年11月9日 (2004. 11. 9)		ロード
(31) 優先権主張番号	10/128, 838	(74) 代理人	100086243
(32) 優先日	平成14年4月23日 (2002. 4. 23)		弁理士 坂口 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100091568
			弁理士 市位 嘉宏
		(74) 代理人	100108501
			弁理士 上野 剛史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発熱体付きメモリ記憶デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

メモリ記憶デバイスであって、

a) 温度変化に応答する磁化状態を有し補償温度を有するフェリ磁性材料を含む可変磁気領域を備える記憶セルと、

b) 前記記憶セルの前記可変磁気領域の温度を選択的に変えるための、前記記憶セルに近接した発熱体と、

を備え、

前記可変磁気領域が、前記記憶セルに格納されたデータを維持するために前記フェリ磁性材料の補償温度に維持される、

メモリ記憶デバイス。

【請求項 2】

前記記憶セルが、磁気トンネル接合を備える、請求項 1 に記載のメモリ記憶デバイス。

【請求項 3】

前記可変磁気領域が、選択された磁界を印加して逆にすることができる磁化状態を有する可逆磁気領域であり、前記可逆磁気領域が、温度の変化に応答する磁化状態を有し補償温度を有する前記フェリ磁性材料を備える、請求項 1 に記載のメモリ記憶デバイス。

【請求項 4】

前記記憶セルは、さらに、前記選択された磁界が印加されたとき逆にならない磁化状態を有する少なくとも 1 つの固定磁気領域を備える、請求項 3 に記載のメモリ記憶デバイス

。

【請求項 5】

前記発熱体が、それに電流を通過させることによって加熱される、請求項 1 に記載のメモリ記憶デバイス。

【請求項 6】

さらに、前記発熱体を通過する電流を受け取ることができる導電性端子を備える、請求項 5 に記載のメモリ記憶デバイス。

【請求項 7】

メモリ記憶デバイスであって、

a) 温度変化に応答する磁化状態を有し補償温度を有するフェリ磁性材料を含む可変磁気領域を備える記憶セルと、

b) 前記記憶セルの前記可変磁気領域の温度を選択的に変えるための、外部電源からの電流の供給を受ける、前記記憶セルに近接した発熱体と、

を備え、

前記可変磁気領域が、前記記憶セルに格納されたデータを維持するために前記フェリ磁性材料の補償温度に維持される、

メモリ記憶デバイス。

【請求項 8】

2 以上のメモリ記憶デバイスを備えるメモリ・アレイであって、前記メモリ記憶デバイスの少なくとも 1 つが、

a) 関連したビット・ラインおよびワード・ラインを有し、温度変化に応答する磁化状態を有し補償温度を有するフェリ磁性材料を含む可変磁気領域を備える記憶セルと、

b) 前記記憶セルの前記可変磁気領域の温度を選択的に変えるための、前記記憶セルに近接した発熱体と、

を備え、

前記可変磁気領域が、前記記憶セルに格納されたデータを維持するために前記フェリ磁性材料の補償温度に維持される、

メモリ・アレイ。

【請求項 9】

前記記憶セルが、磁気トンネル接合を備える、請求項 8 に記載のメモリ・アレイ。

【請求項 10】

前記可変磁気領域が、選択された磁界を印加して逆にすることができる磁化状態を有する可逆磁気領域であり、前記可逆磁気領域が、温度変化に応答する磁化状態を有し補償温度を有する前記フェリ磁性材料を備える、請求項 8 に記載のメモリ・アレイ。

【請求項 11】

前記記憶セルは、さらに、前記選択された磁界が印加されたとき逆にならない磁化状態を有する少なくとも 1 つの固定磁気領域を備える、請求項 10 に記載のメモリ・アレイ。

【請求項 12】

前記発熱体が、それに電流を通過させることによって加熱される、請求項 8 に記載のメモリ・アレイ。

【請求項 13】

前記メモリ記憶デバイスの前記少なくとも 1 つが、さらに、前記発熱体を通過する電流を受け取ることができる導電性端子を備える、請求項 12 に記載のメモリ・アレイ。

【請求項 14】

前記電流が、所定の時間の間前記発熱体を通過し、前記時間が、選択された記憶セルに近接した 1 つまたは複数の記憶セルの磁化状態の反転を防止するように十分に短い、請求項 12 に記載のメモリ・アレイ。

【請求項 15】

少なくとも 1 つのメモリ記憶デバイスを備える集積回路であって、前記メモリ記憶デバイスが、

10

20

30

40

50

a) 温度変化に応答する磁化状態を有し補償温度を有するフェリ磁性材料を含む可変磁気領域を備える記憶セルと、

b) 前記記憶セルの前記可変磁気領域の温度を選択的に変えるための、前記記憶セルに近接した発熱体と、を備え、

前記可変磁気領域が、前記記憶セルに格納されたデータを維持するために前記フェリ磁性材料の補償温度に維持される、

集積回路。

【請求項 16】

前記少なくとも 1 つのメモリ記憶デバイスが、さらに、前記発熱体を通過する電流を受け取ることができる導電性端子を備える、請求項 15 に記載の集積回路。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、米国防総省の米国防総省高等研究計画局 (DARPA) で与えられた許可契約番号 MDA 972-96-C-Z0030 および MDA 972-99-C-0009 の下に政府援助で行われた。米国政府は本発明におけるいくつかの権利を有する。

【0002】

本発明は一般的に記憶セルのメモリ・アレイに関し、より詳細には、発熱体を有するメモリ記憶デバイスに関する。

【背景技術】

20

【0003】

磁気ランダム・アクセス・メモリ (MRAM) 技術は、記憶セル例えば磁気トンネル接合 (MTJ) を使用し、この磁気トンネル接合はそれぞれ、一般に、電気絶縁障壁層が間にある少なくとも 2 つの磁気領域または磁気層を有する。データ記憶のメカニズムは、この 2 つの層の磁化の相対的な向き、およびこれらの層に取り付けられた電極でこの向きを識別できることに依拠している。背景として、それぞれ 1997 年 7 月 22 日および 1997 年 6 月 17 日にガラハー他 (Gallagher et al.) に発行された米国特許第 5,650,958 号および 5,640,343 号を参照する。これらの特許は、参照により本明細書に組み込む。

【0004】

30

一般に、各記憶セルは、MTJ を構成するように配置された、磁氣的に可変な (可逆な) 領域すなわち「自由」領域および近接した磁氣的基準となる「固定」領域を含む。記憶セルは、それぞれのビット・ラインおよびワード・ラインを介して印加される双方向の電氣的刺激および結果として得られる磁氣的刺激を使用して、自由領域の磁化を逆にすることで書き込むことができる。ビット・ラインとワード・ラインの間の結果として得られたトンネル抵抗を測定して、後で磁気セルを読み取ることができる。このことでは、2 つの値の 1 つが固定領域に対する自由領域の磁化の相対的な向きに依存するものと考えられている。

【0005】

MRAM アレイは、一般に、ワード・ラインとビット・ラインの交点にそれぞれ位置づけされたデータ記憶セルのアレイを含む。記憶セルに書き込むとき、他の選択されないセルに影響を及ぼすことなく、アレイの選択された記憶セルだけに書き込むことが望ましい。しかし、書き込み中に、ビット・ラインとワード・ラインで生成された磁界は、近接した選択されないセルの磁化状態を乱すことがあり、これによって、アレイの信頼性が低下する。その上、特に高密度アレイでは、セルの磁気状態は、近接したセルの磁化状態の影響を受けることがある。

40

【0006】

したがって、メモリ・アレイ内のメモリ記憶セルの書き込み選択性を改善する必要がある。

【特許文献 1】 米国特許第 5,650,958 号

50

【特許文献2】米国特許第5,640,343号

【特許文献3】米国特許出願番号第09/708,253号

【非特許文献1】ウィリアムス他(Williams et al.)、「ScanningThermal Profiler」、アプライド・フィジックス・レター (Appl. Phys. Lett.)、23、1587~1589ページ

【非特許文献2】ミー他(Mee et al.)、「Magnetic Recording Handbook」、マグロー・ヒル(Mcgraw-Hill)、540~580ページ(1989年)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

本発明は、メモリ記憶セルの書き込み選択性を高め、かつ上述の誤りの型を低減する技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様では、本発明はメモリ記憶デバイスを提供する。この記憶デバイスは、可変磁気領域を備える記憶セルを含む。可変磁気領域は、温度変化に応答する磁化状態を有する材料を含む。また、本メモリ記憶デバイスは、発熱体を含む。発熱体は、記憶セルの可変磁気領域の温度を選択的に変えるように記憶セルに近接している。

【0009】

好ましい実施例では、メモリ記憶デバイスの記憶セルは、磁気トンネル接合を含み、そして、可変磁気領域は、選択された磁界を印加して逆にすることができる磁化状態を有する可逆磁気領域である。可逆磁気領域は、温度の変化に応答する磁化状態を有する材料を含む。

20

【0010】

好ましくは、磁気トンネル接合は、さらに、少なくとも1つの固定磁気領域を備え、この固定磁気領域は、選択された磁界を印加して変えることができないまたは逆にすることができない磁化状態を有する。

【0011】

本発明の好ましい実施例に従って、発熱体に電流を通過させることによって選択的加熱が記憶セルに加えられる。メモリ記憶デバイスは、さらに、発熱体を通過する電流を受け取ることを導電性端子を含むことができる。

30

【0012】

理解されるように、記憶セルに格納されたデータを維持するために、前述の可逆磁気領域を補償温度に維持するのが望ましいかもしれない。

【0013】

本発明の他の実施例では、メモリ・アレイが提供される。メモリ・アレイは2以上のメモリ記憶デバイスを含む。メモリ記憶デバイスの少なくとも1つは、関連したビット・ラインおよびワード・ラインを有する記憶セルを含む。記憶セルは可変磁気領域を含み、この可変磁気領域は温度変化に応答する磁化状態を有する材料を含む。また、メモリ記憶デバイスは、記憶セルの可変磁気領域の温度を選択的に変えるための、記憶セルに近接した発熱体を含む。

40

【0014】

本発明の他の態様では、集積回路が提供される。集積回路は、上で述べられまた本明細書でさらに説明されるようなメモリ記憶デバイスを少なくとも1つ含む。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

図1に示すように、MRAMアレイは、ワード・ライン1、2、3とビット・ライン4、5、6の交点に一般的に位置づけされたデータ記憶セル50のアレイを含む。好ましい形態では、各セルは、MTJデバイスを構成するように配置された、磁氣的に可変な(可逆な)領域すなわち「自由」領域と、近接した磁氣的基準となる領域すなわち「固定」領

50

域とを含む。「固定領域」という用語は、自由領域すなわち可変領域と協働して全体としてデバイスの検出可能状態をもたらす任意の型の領域を示すように本明細書では広く使用される。

【0016】

一般に、そのようなセルにおけるデータ記憶の根底にある原理は、自由領域の容易軸（「EA」）に沿って磁化の方向を変えて自由領域の磁化の相対的な向きを対応する固定領域に対して変化させることができること、また逆にさえもできること、およびその後でこの相対的な向きの違いを読み取ることができることである。より詳細には、記憶セルは、それぞれのビット・ラインおよびワード・ラインを介して印加された双方向の電氣的刺激および結果として得られる磁氣的刺激を使用して、自由領域の磁化を逆にすることで書き込まれる。

10

【0017】

ビット・ラインとワード・ラインの間の結果として得られたトンネル抵抗を測定して、記憶セルを後で読み取る。このことでは、2つの値のうちの1つは、固定領域に対する自由領域の磁化の相対的な向きに依存するものとみなされている。自由領域は、自由に回転するが容易軸に沿ったいずれかの方向（+EAか-EA）に整列する強い優先傾向を持った磁化方向を有する簡単な基本的な磁石としてモデル化され、そして、基準領域が、+EA方向に固定された磁化方向を有することを除いて同様な基本的な磁石である場合、2つの状態、したがって2つの可能なトンネル抵抗値が、セルに対して定義される。すなわち、整列したすなわち平行な状態（+EA/+EA）と逆整列したすなわち逆平行の状態（-EA/+EA）である。

20

【0018】

印加されたEA磁界に対してトンネル接合抵抗を特徴づける理想的なヒステリシス・ループを図2に示す。トンネル接合の抵抗は、領域20で印加される刺激が無い場合、2つの別個の値のうちの1つをとることができる。すなわち、領域20の容易軸の反転磁界強度 $+/-H_c$ より下では、抵抗の印加磁界に対する感度が無い。

【0019】

例えば、印加された容易軸磁界が $+/-H_c$ を超える場合、セルは強制的にそれぞれの高抵抗状態（固定領域に対する自由領域の逆整列磁化）か低抵抗状態（固定領域に対する自由領域の整列磁化）かにされる。したがって、メモリ・デバイスとしての動作で、トンネル抵抗を測定して固定層に対する自由層の磁化状態を推測することで、記憶セルを読み取ることができる。

30

【0020】

図2に模式的に示す理想的なヒステリシス・ループが望ましい。何故ならば、抵抗は2つの別個の可能性のうちの1つを有し、反転磁界強度 H_c より下の印加磁界に対して測定抵抗の感度がないからである。しかし、実際のデバイスでは、そのような理想的な動作は存在できないことが多く、それによって多くの問題が生じる。

【0021】

図3および4は、記憶セル50をアドレス指定するために一般的に提案された構造を示す。図3に示すように、セル50を通り抜ける矢印で示されるバイアス電流は、ビット・ライン5からワード・ライン2に流れるが、一方で、磁界生成電流は、図4に示すような矢印で示されるように、ビット・ライン5かワード・ライン2のどちらかを流れる。

40

【0022】

ビットをきちんと書き込むこと（上述の記憶セル構造の自由層の反転に対応する）ができることは重要であるが、MRAMアレイの動作がうまくいくための他の重要な態様がある。具体的には、データの書込みに関して、この書込み過程に、他の選択されないどのセルも乱すことなしに、アレイ中の選択されたメモリ・セルだけを選ぶことが望ましい。

【0023】

図5は、理想的な磁気メモリ・セルの磁気選択性（いわゆる「アストロイド・プロット」またはStoner-Wolfarthアストロイド）およびアレイ中のセルの選択切換えをグラフで

50

示す。実線40は、印加磁界に応じて左か右かどちらかの方向を向く磁化に関して、単一理想粒子の安定の境界を描く。このグラフの軸は容易(H_{easy})軸磁界および困難(H_{hard})軸磁界(すなわち、結晶異方性によって優先される方向に対して平行または直角)に対応する。

【0024】

アストロイド境界40の内側には、2つの安定状態があり、磁気履歴に依存してどちらかを実現することができる。しかし、アストロイドの外側には、印加磁界に平行な1つの磁化状態だけがある。アストロイドの形のために、磁界を使用して特定のデータ記憶セルを書込み用に隔離することができる。

【0025】

図5の四角い枠41を形成する点線で示すように、各々大きさ H_w の容易軸磁界および困難軸磁界(選択されたセルで交わるビット・ラインおよびワード・ラインを流れる電流によって生成される)は、記憶セルを強制的に右向き状態にする。アストロイド境界以内の不十分な容易軸磁界か困難軸磁界かどちらかを有する近くの記憶セル、例えば同じワード・ラインか同じビット・ラインかどちらかの記憶セルは、状態を変えようとは考えられない。したがって、理論的には、ワード・ラインとビット・ラインの両方に電流を同時に印加して、特定の選択されたデバイスに書き込むことができる。

【0026】

上述の書込み手順は、非常に厳しい製造許容誤差を必要とする。具体的には、実際に、接合の母集団の安定範囲を考えると、アストロイド曲線の実線40はバンドに広がっている。このバンドが余りにも大きくなりすぎると、間違っって他の選択されない記憶セルも切り換えることなしに、任意の所望の記憶セルを限定的に切り換える容易軸磁界と困難軸磁界の組合せはなくなる。したがって、信頼性が問題になる。

【0027】

さらに、記憶セルでの磁界は、ビット・ラインおよびワード・ラインからの磁界だけでなく、そのまわりの記憶セルの磁気状態の影響を受ける。統計的に考えるとき、この影響によって、書込み選択性はさらに低下する。

【0028】

一般に、本発明の好ましい実施例は、選択されたセルだけを加熱することによって、記憶セル例えばMTJまたは記憶セルのグループの書込み選択性を選択的に高めることができるメモリ記憶デバイス設計を使用するメモリ・アレイを提供し、それによって、近接したセルへの故意でない書込みの可能性を低減し、さらに選択されたセルの切換え特性の質を改善する。

【0029】

図1を参照して、例示のメモリ・アレイは、水平面内で平行なワード・ライン1、2、および3として機能する一組の導電線、および他の水平面内で平行なビット・ライン4、5、および6として機能する一組の導電線を含む。ビット・ラインは、好ましくは、異なる方向に例えばワード・ラインに対して直角に向けられているので、上から見たとき二組の線は交差領域を形成する。

【0030】

本発明に関して図6および7でより詳細に示す記憶セル50、例えばMTJデバイスは、垂直方向に間隔をあけて配置されたワード・ラインとビット・ラインの複数の交差領域に位置している。3本のワード・ラインおよび3本のビット・ラインを図1に示すが、線の本数は一般にはるかに多い。

【0031】

図6および7を参照して、記憶セル50をより詳細に説明する。記憶セル50例えばMTJデバイスは、好ましくは、いくつかの垂直方向に積み重ねられた領域または層で形成される。特に、セル50は、電気絶縁トンネル障壁層53で隔てられた固定層52と可変層すなわち「自由」層51の両方を備える。ガラハー他に発行された上述の引用特許から理解されるように、固定層52の磁化は、固定層の面内に方向付けられているが、ビット

10

20

30

40

50

・ライン5およびワード・ライン2を流れる書込み電流で生成される印加外部磁界が存在している状態で回転しないようにまたは逆にならないように固定されている。対照的に、自由層51の磁化は、層51の面内で層52の固定磁化に対して回転する（または逆になる）ことができる。磁気層51および52および中間トンネル層53例えば Al_2O_3 を垂直方向に通って流れるトンネル電流の量は、磁気層51と52の相対的な磁化方向に依存する。

【0032】

理解されるように、自由層51は、容易軸と呼ばれる磁化方向に優先軸を有するように製造される。この容易軸に沿って自由層51の2つの可能な安定な可逆磁化方向があり、この2つの可逆磁化方向が記憶セル50の2つの安定状態を定める。

10

【0033】

メモリ・アレイの動作中に、自由層51の磁化を変えることで、セル50に書き込むことができる。例えば、記憶セル50のワード・ライン2とビット・ライン5の両方に十分に大きな電流を流すとき、自由層の磁化を変えることができる。ワード・ラインとビット・ラインの交点で組み合わされた磁界で生成された磁界は、通電されたワード・ラインとビット・ラインの交点に位置する単一の特定セル50の自由層51の磁化を回転させる。あるいは、単一のワード・ラインまたはビット・ラインだけを通過する電流で生成された磁界は、以下でさらに説明するようにセル50が選択されたとき、セル50の自由層51の磁化を回転させるのに十分であるかもしれない。電流レベルは、生成される磁界が自由層51の切換え磁界を超えるように設計される。記憶セル50は、固定層52の磁化を切り換えるために必要な磁界が、自由層51を切り換えるのに必要な磁界よりも遥かに大きいように設計される。自由層の磁化を変える他の例は、スピン注入により、この場合、セルを通過する電流の電子のスピン状態が自由層の磁化に効果的に影響を及ぼす。

20

【0034】

例えば、書込み電流よりも遥かに小さな読取り電流がセルを垂直に通過するとき記憶セル50の抵抗を測定することで、記憶セル50の状態を測定することができる。この読取り電流で生成される磁界は、好ましくは無視できるほどであり、したがって、記憶セル50の磁気状態を切り換ええない。

【0035】

参照により本明細書に組み込まれる、2000年11月8日に出願された「Thermally-Assisted Magnetic Random Access Memory (MRAM)」という名称の米国特許出願番号第09/708,253号で、本出願の発明者は、メモリ・デバイス内のMTJデバイスに選択的に書き込むのを助けるように熱を使用することを開示した。前に出願した発明では、電流が選択されたセルを通過して選択されたセルの可逆磁気層を直接加熱するように、電圧源で電流パルスが印加される。この加熱は、アドレス指定すべきデバイスを隔離するように作用するので、書込み選択性を改善し、さらに切換え特性の質を改善する。

30

【0036】

選択されたセル50を所定量例えば50～100℃に加熱したとき、その特定のセルを切り換えるために必要な磁界を減少できることが発見された。磁界が同時に印加されるか、または少なくとも層51が再び冷える前に磁界が印加される場合、磁界強度が加熱されたセルの飽和保磁力よりも大きくかつ加熱されないセルの飽和保磁力よりも小さい限り、加熱されたセルだけが書き込まれる。

40

【0037】

本発明は、記憶セル50から加熱機構を取り除いたメモリ記憶セル58を提供し、それによって、記憶セル例えばある特定の範囲の抵抗を有するトンネル障壁の選択に対する制約を取り除く。その上、本発明のメモリ記憶デバイスは、メモリ・アレイの使用可能な密度に対する可能な制限を取り除くことができる。

【0038】

図6および7に示すように、本発明のメモリ記憶デバイス58は、上で説明したように発熱体56および記憶セル50を含む。発熱体56は、記憶セル50から離れたところに

50

あり、そして好ましくは、発熱体56を通過する所定の電流で十分な熱が生成されるようにするために、例えば約1オームから100オームの低抵抗を有する導電層を備える。発熱体層56を形成する適切な層には、例えば、タングステン、銅、アルミニウム、およびドーパされたシリコンがある。

【0039】

発熱体56は、外部エネルギー源（図示しない）で加熱される。このエネルギー源は、例えば、電圧源か電流源、または熱源でもよい。図6および7に示すように、電流はワード・ライン2を通過して発熱体56に入ることができる。他の構成が可能であるが、発熱体56は近接したワード・ラインから流れる電流で加熱されるのが好ましい。

【0040】

好ましい実施例では、本発明のメモリ記憶デバイス58は、出力端子54も含む。出力端子54は、電流を伝えるのに適した金属のような任意の従来材料で形成することができる。導電端子54は磁性物質でないのが好ましい。出力端子54は、発熱体56を通過する電流を受け取り、さらに電流を供給した外部電圧源または電流源への帰路として作用することができる。

【0041】

図6および7は、メモリ・デバイス58内の要素の2つの好ましい配列、およびメモリ・アレイにおけるメモリ・デバイス58のワード・ライン2およびビット・ライン5への結合を示す。図6および7に示すように、本メモリ・アレイの好ましい配列では、発熱体56はワード・ライン2に近接している。しかし、他の配列が可能である。例えば、ワード・ラインおよびビット・ラインは、逆にすることができるかもしれない。メモリ・アレイまたはアレイ内のメモリ記憶デバイス58の特定の配列にかかわらず、発熱体56からの熱が選択された記憶セル50に実質的に局在するように、発熱体56は記憶セル50のすぐ近くにあるべきであり、それによって、近接した記憶セルをも加熱することなしに、記憶セル50の温度を上げる。

【0042】

上で説明したように記憶セル50を加熱することによって、記憶セル50の保持磁界は減少する。したがって、非常に小さな磁界を印加して、自由層51の磁化の方向を逆にすることができる。対照的に、読取り過程中には一般に比較的小さな電流が使用されるので、読取り動作で、記憶された磁化状態は完全な状態のままになっている。理解されるように、そのような熱補助切換えによって、セルが活動化（例えば、加熱）されていないとき低温状態の飽和保磁力は比較的大きいことが保証されるので、故意でない切換えは最小限になる。

【0043】

好ましい実施例では、記憶セル50の自由層51はフェリ磁性材料を含む。よく知られているように、フェリ磁性材料は、逆向きの磁化を有する複数（例えば、2つ）の部分格子を含むことが多い。しかし、反強磁性体の場合と反対に、フェリ磁性体の2つの部分格子は同一でないので、フェリ磁性体の物理的な特性は反強磁性体の物理特性と全く異なる。フェリ磁性は、通常、図8～10に示すもののような希土類合金に認められる。

【0044】

フェリ磁性材料の例には、Feと、Gd、Tb、およびDyのうちの少なくとも1つとの合金、例えば、 $Gd_{23}Fe_{77}$ 、 $Gd_{24}Fe_{76}$ 、 $Tb_{19}Fe_{81}$ 、 $Tb_{21}Fe_{79}$ 、 $Dy_{17}Fe_{83}$ 、および $Dy_{21}Fe_{79}$ がある。フェリ磁性材料の他の例には、CoとSmの合金がある。

【0045】

通常、フェリ磁性材料の2つの部分格子のモーメントは等しくないもので、結果として、正味の巨視的なモーメントが存在する。部分格子の磁化は異なる温度依存性を有するので、それらの部分格子の磁化が互いにちょうど補償し合う温度が存在することがある。補償温度（ T_{comp} ）では、外部印加磁界で回転される正味モーメントが存在しないので、飽和保磁力が非常に高い。補償点に近い温度の小さな変化で、図8～10に示すように、

10

20

30

40

50

飽和保磁力の劇的な変化がもたらされることがある。動作温度がどのように厳密に制御されるかに依存して、約 5℃から約 10℃程度の変化で、強制外部磁界の 1桁の変化が生じることがある。

【0046】

関連した問題として、例えば、図 8～10に示すようなグラフの手引きを使用して、もっと正確に高温保持磁界および低温保持磁界を限定するように記憶セルの温度制御を行うことができる。動作温度を正確に制御するほど、それだけ加熱は必要でなくなる。というのは、チップはいっそう補償温度近くで動作できるようになり、この補償温度では、温度に対する抗磁界の変化率が増すからである。

【0047】

温度上昇の推定は、使用される材料およびMRAMセルの特定の構造に依存する。しかし、いくつかの簡単なモデルでは、ミクロン・サイズの接合、1Kオームの抵抗および1ボルト(V)の電圧バイアスの場合、摂氏数十度の範囲の温度上昇が与えられる。メモリ・アレイの寸法が縮小されるにつれて、温度はさらに上昇するので、スケーラビリティが得られる。

【0048】

また、熱選択過程の速度は、非常に速いと考えられる。例えば、小さな構造に関する他の実験は(例えば、参照により本明細書に組み込まれる、ウィリアムス他(Williams et al.)、「Scanning Thermal Profiler」、アプライド・フィジックス・レター(Appl. Phys. Lett.)、23、1587～1589ページを参照されたい)、いくつかの場合の熱時定数が1ナノ秒(ns)よりも短いことを示している。ミー他(Mee et al.)、「Magnetic Recording Handbook」、マグロー・ヒル(Mcgraw-Hill)、540～580ページ(1989年)に述べられているように、熱が金属膜を伝わる横方向拡散時定数は1nsのオーダーであるかもしれない。したがって、接合を加熱する選択過程は、MRAMアレイの速度制限要素である必要はない。

【0049】

他の実施例では、集積回路が実現される。図6および7に示さないが理解されるように(例えば、ガラハー他(Gallagher et al.)に発行された米国特許第5,650,958号および第5,640,343号から)、メモリ・アレイのメモリ記憶デバイス58は、シリコン基板のような基板に形成することができ、このシリコン基板には、集積回路を形成する他の回路が含まれるかもしれない。本発明の集積回路は、上で説明したようなメモリ記憶デバイスを含む。

【0050】

したがって、どのメモリ記憶セルに書き込むべきかを選び、さらにメモリ・アレイの他の近接したセルの故意でない切換えを最小限にする高耐性手段が提供される。さらに、飽和保磁力の場合によっては大きな変化が可能にされ、したがってより大きな書込み選択余裕が実現される。その上、熱補助切換えに関して、セルが加熱されないとき、低温状態の飽和保磁力が大きく、故意でない切換えが減少する。したがって、外部磁界だけでなく本質的なクロストークも最小限になり、遮蔽要求条件が緩和されて、結果として、より小さなまたはより高密度なMRAMアレイの全体構造が得られる。さらに、加熱すべきセルから離れたところにある加熱層を設けることで、セルの抵抗率に対する制限を取り除き、それによって、セル製造においていっそうの自由度が可能になる。

【0051】

本発明はいくつかの好ましい実施例に関して説明したが、本発明は、添付の特許請求の範囲の精神および範囲内で、修正を伴って実施できることを当業者は認めるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明で使用するのに適したMRAM磁気記憶セルの磁気メモリ・アレイを模式的に示す図である。

【図2】MRAM記憶セルの可逆磁気領域の理想的なヒステリシス・ループを模式的に示

10

20

30

40

50

す図である。

【図3】MRAM記憶セルをアドレス指定するための構造を模式的に示す図である。

【図4】MRAM記憶セルをアドレス指定するための構造を模式的に示す図である。

【図5】メモリの磁気状態を選択的に切り換えるための理想的な磁気メモリ・セルの磁気選択性をグラフで示す図である。

【図6】本発明の一態様に従って形成されたメモリ記憶デバイスを模式的に示す図である。

【図7】本発明の他の態様に従って形成されたメモリ記憶デバイスを模式的に示す図である。

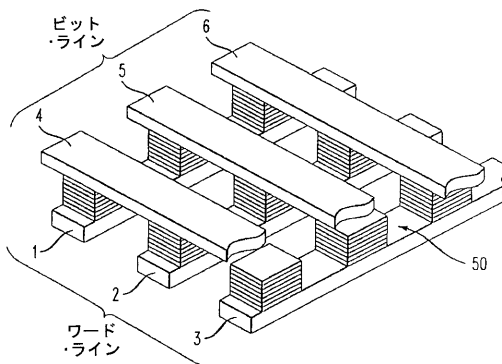
【図8】本発明に従って、磁気トンネル接合で使用するのに適した選択されたフェリ磁性材料の保持磁界の温度依存性を模式的に示す図である。

【図9】本発明に従って、磁気トンネル接合で使用するのに適した選択されたフェリ磁性材料の保持磁界の温度依存性を模式的に示す図である。

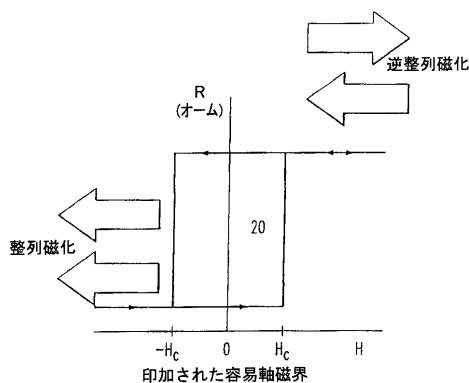
【図10】本発明に従って、磁気トンネル接合で使用するのに適した選択されたフェリ磁性材料の保持磁界の温度依存性を模式的に示す図である。

10

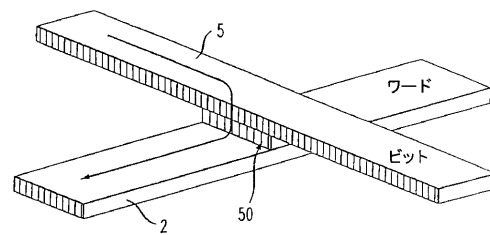
【図1】



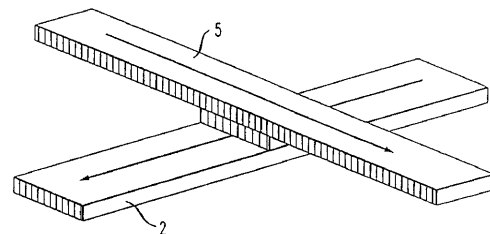
【図2】



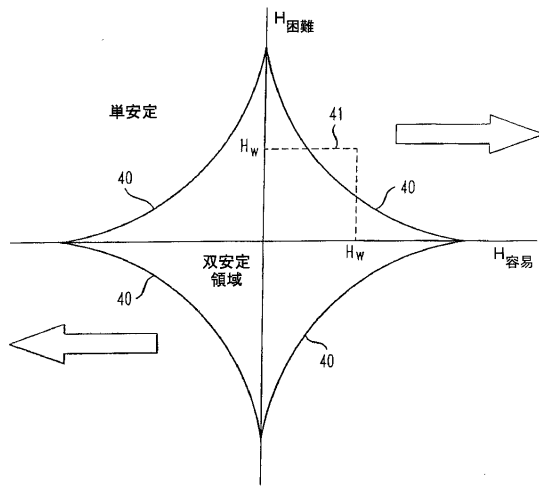
【図3】



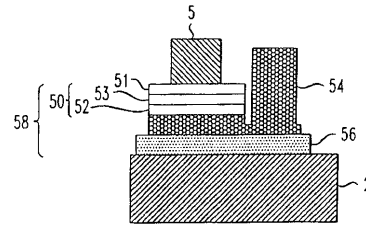
【図4】



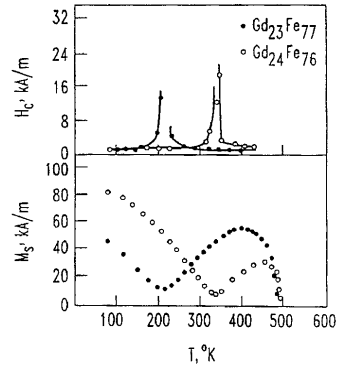
【図 5】



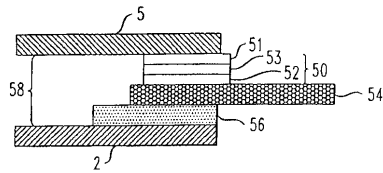
【図 7】



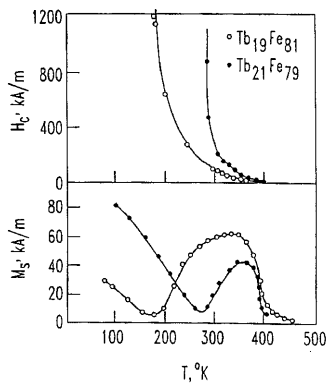
【図 8】



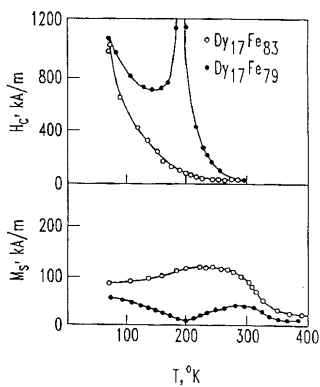
【図 6】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 エイブラハム、デビッド、ウィリアム
アメリカ合衆国10520 ニューヨーク州クロトンオンハドソン ウェストミンスター・ドライ
ブ 30
- (72)発明者 トロイルード、フィリップ、ルイス
アメリカ合衆国07648 ニュージャージー州ノーウッド ヘムロック・コート 802

審査官 三浦 尊裕

- (56)参考文献 特開2000-285668 (JP, A)
特開2000-113666 (JP, A)
特開2001-196657 (JP, A)
特開2003-298025 (JP, A)
特開平04-023293 (JP, A)
特開2000-307170 (JP, A)
特開2001-291911 (JP, A)
特開2001-257395 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/8246
G11C 11/15
H01L 27/105
H01L 43/08