

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4338926号
(P4338926)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月10日(2009.7.10)

(51) Int.Cl.	F 1		
HO 1 L 21/8246 (2006.01)	HO 1 L 27/10	4 4 7	
HO 1 L 27/105 (2006.01)	HO 1 L 43/08	Z	
HO 1 L 43/08 (2006.01)	G 11 C 11/15	1 4 0	
G 11 C 11/15 (2006.01)	G 11 C 11/15	1 5 0	
G 11 C 11/14 (2006.01)	G 11 C 11/14	A	

請求項の数 17 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-527290 (P2001-527290)	(73) 特許権者	501209070 インフィネオン テクノロジーズ アクチ エンゲゼルシャフト ドイツ連邦共和国 85579 ノイビー ベルク アム カンペオン 1-12
(86) (22) 出願日	平成12年9月21日 (2000.9.21)	(74) 代理人	110000338 特許業務法人原謙三国際特許事務所
(65) 公表番号	特表2003-510755 (P2003-510755A)	(74) 代理人	100080034 弁理士 原 謙三
(43) 公表日	平成15年3月18日 (2003.3.18)	(74) 代理人	100113701 弁理士 木島 隆一
(86) 國際出願番号	PCT/DE2000/003293	(74) 代理人	100115026 弁理士 圓谷 徹
(87) 國際公開番号	W02001/024190	(74) 代理人	100116241 弁理士 金子 一郎
(87) 國際公開日	平成13年4月5日 (2001.4.5)		
審査請求日	平成14年3月28日 (2002.3.28)		
(31) 優先権主張番号	199 46 490.1		
(32) 優先日	平成11年9月28日 (1999.9.28)		
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】多値の磁気抵抗読取り／書き込みメモリー、ならびに、このメモリーからの読み取り方法およびこのメモリーへの書き込み方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の多値のメモリーセル(11)を備える磁気抵抗読取り／書き込みメモリーにおいて、
各メモリーセル(11)は、
交差する2つの導電体(12、13)と、
交差する2つの導電体(12、13)の間に挟まれた2つまたはそれ以上の磁性層(31、32；41-45)を有する多層システム(30；40)とを有し、
少なくとも2つの磁性層(31、32；41-45)は、上記導電体(12、13)を
流れる電流によって互いに独立して設定可能である磁化方向(33、34；46-50)を有し、
上記各メモリーセル(11)は、さらに、互いに隣り合う磁性層(31、32；41-46)の間に設けられるトンネル誘電体(35；51)を有し、

初めに、磁化方向を設定するために最も低い磁場強度を要する磁性層に一定のデータが印加され、続いて、次に高い磁界強度を要する磁性層に、さらに一定のデータが印加されるように、多層システムの個々の磁性層に一定のデータが順々に印加され、

上記データを印加することにより、1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報の変化が検出される、ように構成されている磁気抵抗読取り／書き込みメモリー。

【請求項 2】

上記個々の磁性層(31、32；41-45)にて、互いに独立して設定可能である上

記磁化方向（33、34；46-50）は、異なる電流強度によって設定される、またはその電流強度に応じて設定可能である請求項1記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリー。

【請求項3】

上記導電体（12、13）は、2つまたはそれ以上の磁性層のうち最も高い電流密度を要する磁性層において上記磁化方向の変化に必要な電流密度を得るために設けられている請求項1または2記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリー。

【請求項4】

上記磁性層（31、32；41-45）は、強磁性体にて形成されている請求項1から3のいずれか1項に記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリー。

【請求項5】

上記交差する導電体（12、13）は、互いに直交となるように配置されている請求項1から4のいずれか1項に記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリー。

【請求項6】

上記トンネル誘電体は厚さが2から3nmである請求項1から5のいずれか1項に記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリー。

【請求項7】

請求項1から6のいずれか1項に記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリーへの書き込み方法であって、

a) 上記2つの導電体に可変の電流が印加され、その結果として磁場が発生し、
b) 発生した磁場の強度に応じて設定される多層システムの個々の磁性層の磁化方向は、初めに、最も強い磁場強度を要する磁性層にて磁化方向が設定され、続いて、次に低い磁場強度を要する磁性層にて磁化方向が設定されるというように、それぞれに異なった大きさが必要となる磁場強度によって、互いに独立して設定される、

という各ステップを有している磁気抵抗読取り／書き込みメモリーへの書き込み方法。

【請求項8】

上記磁性層に影響を与える異なった磁場強度は、上記導電体に印加される異なった大きさの電流によって生じる請求項7記載の方法。

【請求項9】

上記磁性層に影響を与える異なった磁場強度は、上記磁性層と上記導電体との間の距離の違いによって生じる請求項7または8記載の方法。

【請求項10】

異なった大きさの磁場強度に基づいて設定される上記磁性層の磁化方向は、層の材料または層の厚さもしくは層の形態のうちから選択されたもの、あるいはこれらを組合せたものにより影響を受ける請求項7から9のいずれか1項に記載の方法。

【請求項11】

請求項1から6のいずれか1項に記載の磁気抵抗読取り／書き込みメモリーからの読み取り方法であって、

a) 初めに、磁化方向を設定するために最も低い磁場強度を要する磁性層に一定のデータが印加され、続いて、次に高い磁界強度を要する磁性層に、さらに一定のデータが印加され、個々の磁性層の磁化方向が、それぞれに異なった大きさが必要となる磁場強度によって、互いに独立して設定されるように、多層システムの個々の磁性層に一定のデータが順々に印加され、

b) 上記データを印加することにより、1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報の変化が検出される、

という各ステップを有している磁気抵抗読取り／書き込みメモリーからの読み取り方法。

【請求項12】

上記1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報変化の検出は、電気抵抗の測定によって行われる請求項11記載の方法。

【請求項13】

上記1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報変化の検出は、電流パルスまたは電

10

20

30

40

50

圧パルスのいずれか一方の検出、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方の検出によって行われる請求項 1 1 または 1 2 記載の方法。

【請求項 1 4】

上記 1 つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報変化の検出は、1 つもしくは複数の磁性層への上記データの印加の前後、および上記データの印加の間に行われる請求項 1 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 5】

上記同じ値を有するそれぞれのデータは、全ての磁性層に順々に印加される請求項 1 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 6】

初めに、磁化方向を設定するために最も低い磁場強度を要する磁性層に一定のデータが印加され、続いて、次に高い磁界強度を要する磁性層に、さらに一定のデータが印加されるという手順において、

上記データは、上記磁性層に順々に印加される請求項 1 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 7】

各磁性層にて起こり得る情報変化の検出結果は、少なくとも一時的には、記憶装置に格納される請求項 1 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

本発明は、まず第 1 に、請求項 1 の構成を前提とする磁気抵抗読取り / 書込みメモリーに関するものである。さらに本発明は、請求項 7 の構成を前提とするメモリーへの書き込み方法、ならびに、請求項 1 1 の構成を前提とするメモリーからの読取り方法に関するものである。

【0 0 0 1】

MRAM メモリー（磁気抵抗読取り書き込みメモリー）と呼ばれる磁気抵抗読取り / 書込みメモリーは、1 つのアドレスにデータを記憶し、再び読取ることができるメモリーである。このメモリーは、通常、1 つまたは複数のメモリーセルを備えており、1 つもしくは複数のメモリーセルの磁気的に可変な電気抵抗には、記憶効果（Speichereffekt）が存在する。

【0 0 0 2】

これまでの開発では、2 値の記憶容量（Speicherinhalt）を有するいわゆる 1 値のメモリーセルを磁気抵抗メモリーとして用いるところまで達している。これらのメモリーセルは、2 つの交差した導電体を含み、この導電体は、好ましくは、互いに垂直となるように配置されている。これら導電体間の交差部分には、2 つの磁性層からなる層システムがあり、その内の層の 1 つが軟磁性体から形成され、もう 1 つの層が硬磁性体から形成されている。これらの磁性層間には、トンネル酸化物（Tunneloxid）が存在する。このようなメモリーセルが、図 1 に示されている。また、磁性層の磁化方向は、磁化状態に応じて平行または反平行となっている。このメモリーセルは、上記磁性層の磁化方向に応じて、異なる電気抵抗を有する。ここで、磁化方向が平行であれば、メモリーセルの電気抵抗はより低くなる一方、磁化方向が反平行であれば、抵抗はより高くなる。

【0 0 0 3】

このようなメモリーセルへの書き込み、もしくは、このようなメモリーセルへの情報の格納に着目して、従来は、メモリーセルの軟磁性体のみが磁化反転され、硬磁性体は磁化反転されないと考えられていた。上記 2 つの導電体に同時に高い電流を印加することによって、磁化反転が生じる。電流を介して 2 つの導電体の交差部分に発生する磁場は、その場所で、軟磁性層を十分に磁化反転させるほどの高い磁場強度を有している。

【0 0 0 4】

しかしながら、このような 1 値のメモリーセルには、不都合な点が多くある。例えば、これら 1 値のメモリーセルの記憶能力は、記憶容量が 2 値であるがゆえに、初めから制限が加えられている。それゆえ、多くの情報量を格納するためには、多数のメモリーセルが

10

20

30

40

50

必要となり、全メモリーに必要な領域の増加を伴うことになる。

【0005】

このメモリーセルは、例えば、適当な抵抗測定によって読取ることができる。メモリーセルの情報量が変化すると、電気抵抗も変化する。そのため、この変化した抵抗、もしくは、抵抗の変化を測定することができる。

【0006】

磁気抵抗メモリーから情報を読取るための、もう1つ別の周知の方法は、電圧パルスまたは電流パルスによる検出を用いた、いわゆる「破壊読取り」(zerstörende Lesen)である。この方法は、基本的には、メモリーセルに一定の情報を書き込む書き込み操作のことである。情報の読取り過程にて、メモリーセルの情報量が変化したか否かに依存して、対応する読取りライン上では、電流パルスまたは電圧パルスが検出されたり、このようなパルスが検出されなかったりする。この場合、どの読取り操作も、結果としてセルからの情報を失うことになる。この喪失を補償するために、読取り操作の終了後、読出された情報がメモリーセルに再度書き込まれる。

10

【0007】

U.S.-A-5, 734, 605は、2つまたはそれ以上の磁性層が2つの導電体間に配置されている1値のM R A Mメモリーセルを開示している。磁性層間の強磁性結合のために、磁性層の磁化方向は、磁場がない状態にて、常に互いに平行となるように配向している。メモリーセルに格納された情報は、磁性層に共通する配向方向によって符号化されている。情報を読取るためには、第1の磁性層の磁化方向を反転させるには十分であって、第2の磁性層の磁化方向を反転させるには不十分な磁場を印加することによって、巨大な磁気抵抗効果に基づいて起こり得る層の電気抵抗の変化を検出する。

20

【0008】

メモリーシステムの性能を向上するために、1値のメモリーセルに必要な領域が増加するという問題に着目して、近年、多値のメモリーが開発されている。しかし従来の多値のメモリーは、M R A Mとは別のタイプのメモリーに関してのみ考案されている。このようなメモリーのタイプの1つは、例えば、電気的な書き込みや消去が可能なE E P R O M(電気的に消去可能なP R O M)である。この場合、連続的な値域(Wertebereich)を有する特定の領域は、基本的には離散的状態(diskreten Zuständen)と同一視される。M R A Mメモリーセルでは、連続的に変化し得る情報を格納することができないので、上記のような状態の分け方(Zuordnung)はなされない。この理由は、M R A Mメモリーセルは、原理に基づけば、基本的には、有限数の離散的状態を有するシステムであるためである。したがって、前述のE E P R O Mに着目した多値性(Mehrwertigkeit)によるアプローチ(Ansätze)は、磁気抵抗メモリーには適用することができない。

30

【0009】

Jeongら(Jeong, WC, Lee, BI, Joo, SK(1998)、「マルチレベル磁気抵抗読取り／書き込みメモリー(MRAM)セルのための新たな多層構造」(A New Multilayered Structure for Multilevel Magnetoresistive Random Access Memory(MRAM) cell)、IEEE Translations on Magnetics, US, IEEE, Inc., New York, Bd.34, Nr.4, Part 01, p.1069-1071)は、磁気的なニッケル・鉄層、磁気的なニッケル・鉄／コバルト層、および、磁気的なコバルト層という層配列を用い、これらの層が、銅の中間層によってそれぞれ互いに分離され、ケイ素・銅の2重層上に形成されている場合、この3つの磁性層の保磁磁場強度(Koerzitivfeldstaerken)が異なるために、調整可能な磁場を印加することによって、磁性層の磁化方向を個々に磁化反転できることを示した。このような現象は、それぞれの抵抗の急な変化を利用することによって測定され、巨大な磁気抵抗効果によって生じる4点測定によって検出される。さらにJeongらは、最も大きな磁気硬度を有する磁性層から、もつとも小さい電気硬度を有する磁性層までの、磁性層の個々の磁化方向を設定することを提案した。

40

【0010】

また、U.S.-A-5, 585, 986は、多値構造に着目して、磁気データメモリーシ

50

システムからの読み取りのためのデジタル磁気抵抗センサーを開示している。このセンサーは、多層構造を有し、多層構造の電気抵抗が測定される。この多層構造は、複数の強磁性層、磁気モーメント、および、外部磁場による影響を受ける個々の層の磁化方向を有しており、この外部磁場は対応するデータキャリアによって発生する。本発明は、異なる磁場強度に基づいて、多層構造の強磁性層の磁化方向を互いに独立して設定することを可能としたものである。このように、外部磁場を変化させることにより、センサーの抵抗は段階的に変化し、これによってデジタル出力信号が作られる。

【0011】

本発明は、上記従来技術に基づいて、この従来技術に関する問題点や不都合な点を避けて、磁気抵抗読み取り／書き込みメモリー、ならびに、このメモリーへの書き込み方法およびメモリーからの読み取り方法を提供するものである。特に、上記領域の確保に関しては、改良されたMRAMメモリー、ならびに、このようなMRAMメモリーへの書き込みおよびこのメモリーからの読み取りに適した方法が提供される。

10

【0012】

本発明の第1の目的は、1つまたは複数のメモリーセルを有する磁気抵抗読み取り／書き込みメモリーによって達成され、各メモリーセルは、2つの交差している導電体と、導電体の交差部分に位置する磁性層を含む層システムとを有している。本発明にかかるメモリーは、以下のような特徴を有している。すなわち、層システムは、交差する2つの導電体(12、13)の間に挟まれた2つまたはそれ以上の磁性層を有する多層構造として形成されており、この少なくとも2つの、最大では全ての磁性層が、互いに独立して設定可能である磁化方向を有している。そして、個々の磁性層における磁化方向は、導電体を流れる電流によって変えられ、あるいは、この電流に応じて変えることができる。

20

【0013】

これにより、1値または多値のメモリーセルを有し、それゆえ、対応する高い記憶能力を有する多値メモリーがつくられる。さらに、このメモリーもしくは少なくとも1つのメモリーセルへの書き込みおよびメモリーセルからの読み取り、あるいは、メモリーセルへの書き込みまたはメモリーセルからの読み取り、を容易に行うことができる。

【0014】

本発明にかかるメモリー、もしくは、メモリーを構成している1つまたは複数のメモリーセルの基本的な特徴点は、2つの導電体の交差部分に、2つ以上の磁性層を有するn層(lagig)の多層システムを用いている点にある。この場合、m層の磁化方向は、nがm以上であって、かつ、mが2以上である場合には、他の磁性層の磁化方向を独立して設定することができる。1値のメモリーの場合、磁化方向はただ1つの磁性層に対して設定される一方、本発明にかかる多値メモリーの場合、所望された複数の磁性層に対して、磁化方向が設定され得る。このとき、磁化方向が設定される磁性層の数は、要求(Bedarf)や用途(Anwendungsfall)に応じて変えることができる。したがって、本発明は、ある特定の層数に限定されるものではない。似たような多層システムは、原理的にはすでにU.S.-A-5, 585, 986に記載されている。

30

【0015】

本発明にかかるメモリーのさらなる基本的特徴は、個々の磁性層における磁化方向が、導電体に流れる電流によって変化し、または、この電流に応じて変化し得る点にある。

40

【0016】

個々の磁性層における磁化方向を互いに独立して設定することができるよう、磁場強度もしくは導電体の電流がそれぞれ異なるときに、個々の磁性層における磁化方向の設定(磁化反転)が行われる状態を達成する必要がある。

【0017】

U.S.-A-5, 585, 986では、上記の要求は、結晶構造を有する多層システムや、異なった結晶の対称性を有する個々の層およびその結果としての磁気的な異方性によって達成される。さらにこれらの層は、異なった厚さ、および、異なった層形態を有する。多層システムが、それぞれ固有の磁場強度を有する磁場にさらされるならば、個々のまた

50

は複数の層における磁化方向は、隣接する磁場の磁場強度、ならびに、それぞれの層に固有の形態に応じて、変化したりしなかったりする。多層システムには、複雑な製造工程が必要であるため、このようなシステムは、特に複雑となり、コストが高くなる(aufwendig und kostenintensiv)。

【0018】

本発明にかかる磁気抵抗メモリーには、他の製造工程が存在する。この製造工程は、ほぼ同じ構造と形態とを有する磁性層の製造を可能にするものである。個々の磁性層における磁化方向は、異なる電流強度によるそれぞれ異なった磁場強度によって、個別に設定される。この設定は、2つの交差している導電体を通って電流がそれぞれ流れている場合であって、この電流に応じて、2つの導電体の周りに磁場がそれぞれ生じる場合に行われる。磁場は、多層システムの個々の磁性層に影響を及ぼし、結果として、十分に高い磁場強度がある場合には、この磁性層が磁化反転される。したがって、個々の磁性層の磁化反転は、2つの導電体を通って流れる電流の大きさ、および、導電体に対する各磁性層の物理的な配置に依存している。

10

【0019】

それゆえ、磁場を発生する電流が印加されている交差した導電体は、メモリーに適した読み取り／書き込みの手段として機能している。1値のメモリーの場合、固定電流は導電体に印加され、かつ、磁化反転可能な磁性層の磁化方向を変化させるか否かである一方、本発明では、磁場強度の変化は、多数の磁性層の磁化方向を互いに独立して、かつ個別に設定するに適しているということが利用される。異なる磁場強度の設定は、さらに別にて、詳細に説明するように、種々の方法にて行われる。

20

【0020】

本発明によるメモリーの有利な実施形態は、従属請求項から明らかである。

【0021】

個々の磁性層にて、互いに独立して設定され得る磁化方向は、好ましくは、異なる電流強度によって設定されるか、または、この電流強度に応じて設定できることが望ましい。この設定は、メモリーセルの形態に応じて、異なる方法で行うことができる。例えば、個々の磁性層において異なる磁化方向を設定するために、異なる電流強度を有する電流を導電体に印加することが考えられる。異なる電流強度によって、異なった磁場強度が生じると、1つまたは複数の磁性層の磁化方向が変化したり、変化しなかったりする。

30

【0022】

また別の形態として、2つまたはそれ以上の磁性層のうち最も高い電流密度を要する磁性層において上記磁化方向の変化に必要な電流密度を得るために、導電体を配置することができる。

【0023】

個々の磁性層は、強磁性体から形成されていることが望ましい。しかしながら、本発明は、特定の材料に限定されるものではなく、他の適した材料を用いることも可能である。

【0024】

互いに交差している導電体は、好ましくは、互いに直交するように配置されるとよい。

【0025】

また別の形態において、2つの隣り合う磁性層間には、それぞれ1つのトンネル誘電体が設けられていてもよい。磁性層およびこれらの間に位置するトンネル誘電層を含む多層システムを通り抜ける電子伝導率は、トンネル誘電体を通り抜けるトンネル効果によって、実質的に決定される。そのため、層の厚さが変化すると、伝導率が著しく変化するので、トンネル誘電体に適した厚さを選択することが特に重要である。というのも、層の厚さは、ほぼ急激に、トンネル電流となるからである(eingehen)。したがって、厚さが2から3ナノメートル(nm)である薄いトンネル誘電層が用いられることが好ましい。しかし、この厚さ以外に限定されるものではない。

40

【0026】

本発明にかかる第2の点によれば、上述の本発明にかかる磁気抵抗読み取り／書き込みメモ

50

リーへの書込み方法は、以下のようなステップによって特徴付けられる。すなわち、a) 2つの導電体に可変の電流が印加され、その結果、磁場が発生し、b) 発生した磁場の磁場強度によって、多層システムの個々の磁性層の磁化方向が設定され、この設定を行うために、まず初めに、最も強い磁場強度を要する磁性層にて、磁化方向が設定され、続いて、低い磁界強度を要する磁性層にて、磁化方向が設定されるというように、個々の磁性層の磁化方向が、それぞれに異なる強さを要する磁場強度によって互いに独立して設定される。

【0027】

本発明にかかる方法によれば、多値の磁気抵抗メモリーもしくは、その1つまたは複数のメモリーセルへの書込みは容易に行うことができる。本発明によれば、メモリーセルの磁性層が、磁性層の磁化反転のための磁場強度（つまり、対応する磁性層に所望された磁場強度に応じて、適応されるそれぞれのプログラミング電流強度（Programmierstromstärke）を意味する）が減少する順序にて書込まれるように、個々の磁性層に情報が格納される順序を選択する必要がある。これによって、より低いプログラミング磁場強度にて書込まれている別の磁性層に情報を書込む際、すでにメモリーセルに書込まれた情報や、より高いプログラミング磁場強度を有する磁性層に書込まれた情報が、再度上書きされることはないということが保証される。

【0028】

さらに、本発明にかかる方法の利点、作用、効果、および、機能に関し、本発明にかかるメモリーに関する上記説明の全てを開示するために、以下では、さらに言及する。本発明による方法の有利な形態については、従属請求項から明らかである。

【0029】

異なる大きさの電流が導電体に印加されることによって、上記磁性層に影響を及ぼすような異なった磁場強度が生み出されることが望ましい。さらに、上記磁性層に影響を及ぼすような異なった磁場強度は、さらに、磁性層と導電体との間の距離の違いによって決まる。

【0030】

さらに、異なった大きさの磁場強度に基づいて、上記磁性層の磁化方向が設定されるので、層の材料の特性または層の厚さもしくは層の形態のうちから選択されたもの、あるいはこれらを組合せたものにより影響を受けることも考えられる。

【0031】

上記の例については、すでに説明しているので、ここでは、前述の説明を参照する。

【0032】

本発明にかかる第3点によれば、上記本発明にかかる磁気抵抗読取り／書込みメモリーからの読取り方法が用いられ、本発明にかかる読取り／書込みメモリーは、以下のステップによって特徴付けられる。a) 初めに、磁化方向が設定されるために、最も低い磁場強度を要するような磁性層に対してデータが印加され、続いて、それぞれ次に高い磁場強度を有する磁性層に対してデータが印加されるといった具合に、多層システムの個々の磁性層に一定のデータが印加され、b) 上記データを印加することにより、1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報変化が検出される。

【0033】

本発明にかかる方法を用いることにより、多値の磁気抵抗メモリーから容易に読出しを行うことができる。本発明にかかる方法の利点、作用、効果、および、機能方法に関して、以下の説明に加えて、本発明にかかるメモリーならびに本発明にかかるメモリーへの書込み方法に関する上記説明を全て開示するために、ここで言及する。

【0034】

本発明にかかるメモリーからの読取り方法の基本となるアイデアは、1つまたは複数のメモリーセルの個々の磁性層に、それぞれ順々に、ある特定のデータ、すなわち、ある特定の情報が書込まれるという点にある。上記磁性層の情報量が特定のデータを印加した後に変化するということは、この磁性層には以前とは異なる情報が書込まれていたことを

10

20

30

40

50

意味する。また、磁性層の情報量が特定のデータの印加後に変化しないということは、この磁性層には以前と同じ情報が書き込まれていることを意味する。この場合、目的とするデータ(Zieldatum)が周知であることが特に重要である。この目的とするデータは、上述したように、メモリーセルに明確に書き込まれたデータであると理解される。

【0035】

起こり得る情報の変化、もしくは情報の変化がないことは、適切な方法で認識され、判断され得る。この典型的な実施例を、後の説明にて詳述する。

【0036】

メモリーの1つおよび複数のメモリーセルからの読み取りを最適に実施し得るために、まず初めに、磁化方向が設定されるために最も小さいプログラム磁場強度を要する磁性層のすべてが読み取られる。すなわち、これらの磁性層は、特定のデータにて明確に書き換えられる。これによって、この特定のデータは、プログラム磁場強度が増す順序にて、メモリーセル、もしくはメモリーセルの多層システムの個々の磁性層に書き込まれる。

10

【0037】

本発明にかかる方法の有利な実施形態は、従属請求項から明らかである。

【0038】

1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報変化は、電気抵抗の測定によって見出されることが望ましい。メモリーセルの電気抵抗は、個々の磁性層の磁化方向（平行または反平行）に依存し、磁化方向が起こり得る情報変化に基づいて変化し得るので、電気抵抗が変化するということは、メモリーセルの情報量もしくは、メモリーセルの個々の磁性層の情報量が変化したことを意味している。

20

【0039】

また、1つもしくは複数の磁性層にて起こり得る情報変化は、電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方の検出、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方の検出によって行われる。メモリーセルの層への特定データのメモリーラインの層への書き込み動作が情報変化を導くと、その過程にて、電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方が発生して検出される。電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方が検出されない場合、1つもしくは複数の磁性層のいずれにおいても、情報変化が行われなかつたことを意味している。

30

【0040】

1つもしくは複数の磁性層にて起こりうる情報変化の検出は、1つもしくは複数の磁性層への特定のデータを印加する前後および印加する間に、行われることが望ましい。

【0041】

ある有利な形態では、それぞれ同じ値を有するある特定のデータを、全ての磁性層に順々に印加することができる。2値の形式における情報、すなわち、ロジック値が「1」および「0」である場合には、情報がメモリーセルに格納されると、メモリーセルの全ての磁性層に順々に書き込まれる特定のデータは、ロジック値「1」または「0」を有している。

40

【0042】

他の形態では、交互性のアルゴリズムにおけるデータの一部を、磁性層に順々に印加することも考えられる。

【0043】

各磁性層に起こり得る情報変化が検出される場合、その結果が、適当な記憶装置に、少なくとも一時的に格納される(zwischengespeichert)ことが有益である。

【0044】

本発明を典型的な実施例に基づいて、より詳細に説明するために、添付の図面を参考にして詳述する。

【0045】

図1aから図1cは、従来技術の磁気抵抗メモリー10のメモリーセル11を示してい

50

る。メモリーセル 1 1 は、1 値のメモリーセルとして形成されており、上部導電体 1 2 および下部導電体 1 3 を有している。上部導電体 1 2 および下部導電体 1 3 は、互いに直交するように配置され、メモリーセル 1 1 の交差部分にて交差している。交差部分には、2 つの磁性層、すなわち硬磁性層 1 5 および軟磁性層 1 6 、を有する層システム 1 4 が存在する。磁性層 1 5 ・ 1 6 間には、トンネル誘電体 2 0 が存在する。図 1 c の等価回路は、メモリーセル 1 1 について記載している。ここで、メモリーセル 1 1 に含まれる導電体 1 2 ・ 1 3 間の抵抗 1 9 の値は、磁性層 1 5 ・ 1 6 における磁化方向 1 7 ・ 1 8 が平行か反平行かに依存する。図 1 b の実施例は、磁化方向が反平行に配列していることを示している。磁化方向が平行であると抵抗値はより低くなり、これに対し、磁化方向が反平行であると抵抗値はより高くなる。

10

【0046】

メモリーセル 1 1 へ書き込むために、高い電流が導電体 1 2 ・ 1 3 に同時に印加される。この電流によって、導電体 1 2 ・ 1 3 の交差部分にて発生する磁場は、軟磁性層 1 6 が磁化反転する程度に十分に大きな磁場強度を有している。

【0047】

メモリーセル 1 1 、ならびに、1 つまたは複数のメモリーセル 1 1 から構成されるメモリー 1 0 は、比較的大きな領域を必要とする。

【0048】

この不都合を回避するために、多値のメモリーセルを有する多値のメモリーが考案されている。このようなメモリーセルに関する、本発明にかかる 2 つの実施例については、図 2 および図 3 にて説明する。

20

【0049】

図 2 は、いわゆる 2 層 2 ビットメモリーセル 1 1 を示している。複数の磁性層 3 1 ・ 3 2 および、これらの磁性層の間にそれぞれ配置されたトンネル誘電体 3 5 を有する多層システム 3 0 が、2 つの導電体 1 2 ・ 1 3 間の交差部分に存在する。

【0050】

原理的には、この多層システムは n 個の磁性層を有している。なお、 n は、 $n \geq 2$ の条件を満たしている。この n 個の磁性層の磁化方向は、 m 個の磁性層にて他の隣り合う磁性層から独立して設定されうる。なお、この場合の条件は、 $n \geq m \geq 2$ である。

【0051】

30

図 2 にかかる実施例は、磁化方向 3 3 ・ 3 4 がそれぞれ互いに独立して設定され得る場合の 2 つの磁性層 3 1 ・ 3 2 を示している。さらに、図 2 の部分図 2 a から 2 d は、磁性層 3 1 ・ 3 2 にて、可能な異なる磁化状態もしくは磁化方向 3 3 ・ 3 4 を示している。

【0052】

次に、メモリーセル 1 1 の情報量について説明するための言語 (Nomenklatur) として、ロジック「0」および「1」のような適当な参照数字 (Bezugsziffern) を用いて磁化方向を表すことにする。そして、磁化方向は、上から下へと数えられた磁性層に対して、参照数字の大きさが増加する (zunehmend) ように記述されている。ロジック「0」は、図 2 および図 3 に示す「左から右へ」の磁化方向を表し、ロジック「1」は、図 2 および図 3 に示す「右から左へ」の磁化方向を表している。

40

【0053】

図 2 および図 2 に示された部分図によって、全部で 4 つの異なる磁化状態が磁性層 3 1 ・ 3 2 に設定されている。図 2 a によると、ロジック「0」が上記言語に応じて、設定された磁化方向 3 3 に対応する一方で、ロジック「0」は磁化方向 3 4 にも同様に対応する。図 2 b では、3 3 = 「0」および 3 4 = 「1」である。図 2 c は、磁化状態 3 3 = 「1」および 3 4 = 「0」を示す一方で、図 2 d は磁化状態 3 3 = 「1」および 3 4 = 「1」を示している。

【0054】

図 3 は、メモリーセル 1 1 の他の実施例を示している。ここでも、メモリーセル 1 1 は、互いに交差している 2 つの導電体 1 2 ・ 1 3 、および、導電体 1 2 ・ 1 3 の交差部分に

50

位置する多層システム 40 を有している。本実施例の場合、この多層システム 40 は、5 つの磁性層 40 - 45 から構成されている。これらの磁性層 40 - 45 には、隣り合う磁性層からそれぞれ独立して、それぞれ磁化方向 46 - 50 が設定されている。磁性層間に 10 は、それぞれトンネル誘電体 51 が存在する場合もある。

【0055】

上記の言語によると、図 3 にかかるメモリーセル 11 は、次のような磁化状態を有する。磁性層 41 はロジック「0」を備えた磁化方向 46 を有する。磁性層 42 はロジック「1」を備えた磁化方向 47 を有する。磁性層 43 はロジック「1」を備えた磁化方向 48 を有する。磁性層 44 はロジック「0」を備えた磁化方向 49 を有する。磁性層 45 はロジック「1」を備えた磁化方向 50 を有する。

【0056】

上記メモリーセル 11 に適切に書込むために、種々の磁性層 31・32 もしくは 41 - 45 は、磁性層の磁化反転のために、磁場を発生する導電体 12・13 の異なる電流強度が必要という要求を満たさなければならない。これは、個々の磁性層がそれぞれ異なる磁場強度を有することによって、達成されうる。この場合、異なる大きさの電流が導電体 12・13 に印加されると、個々の磁性層を磁化反転させるための異なる磁場強度が発生する。同時に、個々の磁性層の磁化方向を設定するための異なる大きさの磁場強度を生み出すために、磁化反転され得るそれぞれの磁性層と導電体 12・13 との間の距離の違いも利用される。

【0057】

メモリーセル 11 の個々の磁性層 31・32 もしくは 41 - 45 に格納される情報の順序は、プログラム磁場強度が減少する順序でメモリーセルの磁性層に書込まれるように選択される必要がある。つまり、初めに、磁化方向の設定のために、最も高い磁場強度を要する全ての磁性層に、まず書込まれる。続いて、より低い磁場強度を要するそれぞれの磁性層への書き込みが行われる。そのため、すでにメモリーセル 11 に書込まれており、初めにより高いプログラム磁場強度を有する磁性層に書込まれた情報は、情報がさらなる磁性層へ記録されるときに、再度上書きされることはないことが保証される。

【0058】

本発明にかかる読み取り操作は、読み出し可能なメモリーセル 11 の適切なビットに明確な情報が印加されるとき、例えば抵抗の直接測定、または、電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方の検出、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方の検出に基づいて行われる方法である。メモリーセル 11 の情報量は、読み取り操作が完全である場合に、原理的には、変化する。もっとも、付加的な参照メモリーセルは必要ない。

【0059】

ここで、m ビットセルを例に挙げて、読み取り方法を説明する。なお、ここでは、2 ビットセルで形成されているとする。このセルは、それぞれ磁化方向 M_{Rk} を有し、かつ、厳密に磁化反転可能な m 個（ただし、 $m = 2$ ）の磁性層を有している。この場合、 M_{Rk} は、上から下へと数えられた k 番目の磁性層の磁化方向を表し、 $1 \leq k \leq m$ である。このメモリーセルは、2 値の形式で表されるデータ D_k を含んでいる。ただし、 $1 \leq k \leq m$ である。このセルからの読み取りを行うために、プログラム磁場強度の増す順序で、一定のデータ $E_k = E_{fix}$ （ただし、 $1 \leq k \leq m$ ）が、このセルに書込まれる（まず初めに、磁化方向を設定するために低い磁場強度を要する磁性層に対して書込まれる）。例えば、このデータは、全ての k について、ロジック値「0」または「1」を有している。

【0060】

この読み取り操作を始める前には、 $1 \leq k \leq m$ の全ての磁性層 k に対して、 $M_{Rk} = D_k$ が当たはまり、読み取り操作終了後には、 $M_{Rk} = E_{fix}$ が当たはまる。

【0061】

k 個の書き込み操作の間に、電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方が検出される場合には、対応する k 番目のデータに変化が生じたという正の指標となる。つまり、 $D_k = E_{fix}$ を補足するデータ（Kompliment

10

20

30

40

50

aetdatum) に相当する。それゆえ、明確なデータ E_{fix} が磁性層に読み込まれる前には、この磁性層は、 E_{fix} を補足するデータを格納していたことになる。電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方が検出されない場合、 $D_k = E_{fix}$ に相当する。したがって、読み取り操作の終了後、メモリーセルからの完全な 2 値化データを利用することができる。

【0062】

電流パルスまたは電圧パルスのいずれか一方、あるいは、電流パルスおよび電圧パルスの両方を検出する他の手法として、適切なビットへの明確なデータ E_{fix} の印加の前後それぞれにて、各書き込み操作に対する電気抵抗を測定することもできる。したがって、 m ビットセルの場合、すなわち、この場合は 2 ビットセルであるが、全部で $m + 1$ の測定、すなわち、ここでは 3 つの測定が行われる必要があることを意味している。各磁性層に対する個々の測定値は、少なくとも一時的に、適当な記憶装置に格納される。 k 番目のビットに関する測定の間、データ E_{fix} の印加前後の抵抗値が異なる場合には、データ E_{fix} の印加前の D_k は、もともと E_{fix} を補足するデータであったといえる。データ E_{fix} の印加前後の抵抗値が同じである場合は、 $D_k = E_{fix}$ である。

10

【0063】

前述の読み取り方法は、2 ビットセルの読み出しに対して用いられる。しかしながら、同様の方法を、 $m > 2$ の m ビットセルについても用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1 a】 従来技術の磁気抵抗メモリーセルの斜視図である。

20

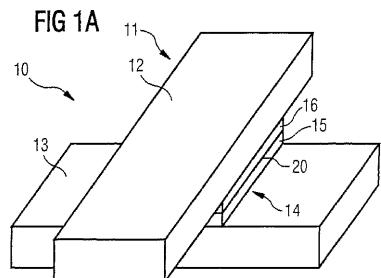
【図 1 b】 図 1 a に示すメモリーセルの断面図である。

【図 1 c】 図 1 a に示すメモリーセルの等価回路図である。

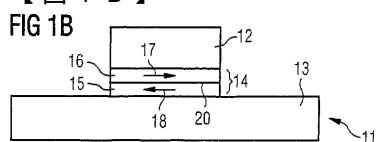
【図 2】 本発明にかかる多値メモリーセル、ここでは 2 値のメモリーセルの第 1 の実施の形態の断面図であり、a) から d) は、異なる磁化状態を示す部分図である。

【図 3】 本発明にかかる多値メモリーセルの他の実施の形態を示す断面図である。

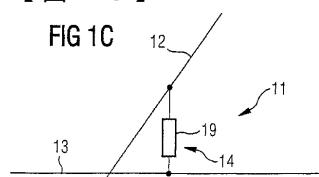
【図 1 A】



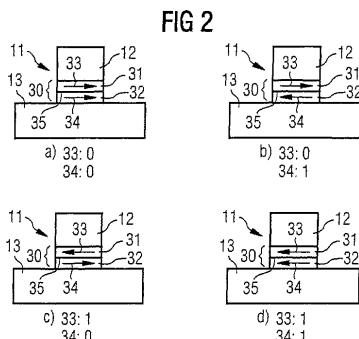
【図 1 B】



【図 1 C】

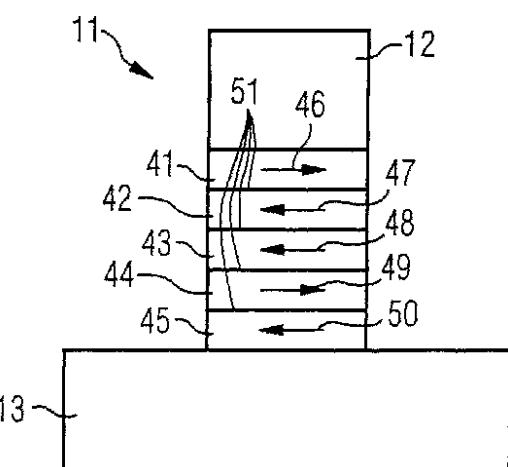


【図 2】



【図 3】

FIG 3



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 1 1 C 11/14

Z

(72)発明者 テベス, ローランド

ドイツ連邦共和国 82194 グレーベンツェル ヤーゲルハイムシュトラーセ 7

(72)発明者 ヴェーバー, ヴェルナー

ドイツ連邦共和国 80637 ミュンヘン フランツ マルク シュトラーセ 6

(72)発明者 シュヴァルツル, ジークフリート

ドイツ連邦共和国 85579 ノイビーベルク ヨーゼフ キュライン シュトラーセ 11

-

審査官 河口 雅英

(56)参考文献 特開平09-260743 (JP, A)

特開平11-176149 (JP, A)

特開平11-086236 (JP, A)

特表平09-509775 (JP, A)

国際公開第99/014760 (WO, A1)

国際公開第99/018578 (WO, A1)

特開2000-331473 (JP, A)

特表2003-503835 (JP, A)

特開平08-316549 (JP, A)

特開平11-330387 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/105

H01L 43/08

H01L 21/8246

G11C 11/14

G11C 11/15