

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-343943
(P2002-343943A)

(43) 公開日 平成14年11月29日 (2002. 11. 29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 1 L	27/105	G 1 1 C	A 5 E 0 4 9
G 1 1 C	11/14		5 F 0 8 3
	11/15	H 0 1 F	
H 0 1 F	10/16	H 0 1 L	Z
H 0 1 L	43/08		4 4 7
		審査請求 有	請求項の数18 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-150456(P2001-150456)

(22) 出願日 平成13年5月21日(2001. 5. 21)

(71) 出願人 391016923

北海道大学長

北海道札幌市北区北8条西5丁目8番地

(72) 発明者 武笠 幸一

北海道札幌市中央区南13条西5丁目1-1-901

(72) 発明者 澤村 誠

北海道札幌市中央区北1条西15丁目 大通りハイム612号

(74) 代理人 100072051

弁理士 杉村 興作 (外1名)

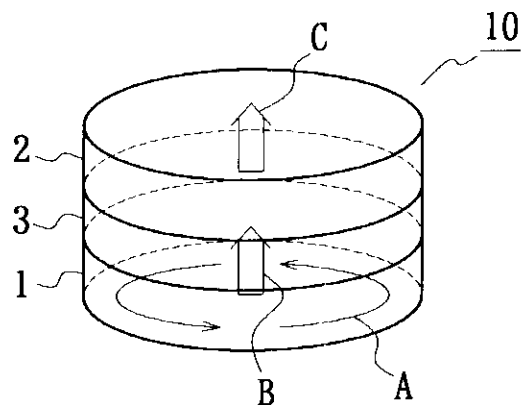
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記憶素子、磁気メモリ、磁気記録方法、磁気記憶素子の製造方法、及び磁気メモリの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 実用に足るMRAMを提供することのできる新規な磁気記憶素子を提供するとともに、これを用いた磁気メモリを提供する。

【解決手段】 本発明の磁気記憶素子10は、外部磁界の印加によりスピントルクを生じる第1の磁性体薄膜1と、この第1の磁性体薄膜1の上方において、膜面と略垂直な磁化Cを有する第2の磁性体薄膜2とを具えている。また、第1の磁性体薄膜1と第2の磁性体薄膜2との間には、磁気記憶素子10全体を通じて流れる電流値を制御(抑制)するための絶縁層3が形成されている。磁気記憶素子10に対して所定の外部磁界を印加することによって、第1の磁性体薄膜1中にスピントルクを生じさせ、核部分において垂直に立ち上がった磁化の向きに応じて情報を記録する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部磁界の印加によりスピボルテックスを生じる第 1 の磁性体薄膜と、この第 1 の磁性体薄膜の上方において、膜面と略垂直な磁化を有する第 2 の磁性体薄膜とを具えることを特徴とする、磁気記憶素子。

【請求項 2】 前記第 1 の磁性体薄膜は、円柱状であることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気記憶素子。

【請求項 3】 前記第 1 の磁性体薄膜は、パーマロイからなることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の磁気記憶素子。

【請求項 4】 前記第 1 の磁性体薄膜の直径が、 $0.05\ \mu\text{m} \sim 5.0\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の磁気記憶素子。

【請求項 5】 前記第 1 の磁性体薄膜の厚さが、 $1\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の磁気記憶素子。

【請求項 6】 前記第 2 の磁性体薄膜は、コバルトからなることを特徴とする、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の磁気記憶素子。

【請求項 7】 前記第 2 の磁性体薄膜の厚さが、 $1\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載の磁気記憶素子。

【請求項 8】 前記第 1 の磁性体薄膜と前記第 2 の磁性体薄膜との間に、絶縁層を具えることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の磁気記憶素子。

【請求項 9】 前記絶縁層の厚さが、 $1\ \text{nm} \sim 10\ \text{nm}$ であることを特徴とする、請求項 8 に記載の磁気記憶素子。

【請求項 10】 請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の磁気記憶素子を、所定の基板上において、平面状に複数配置したことを特徴とする、磁気メモリ。

【請求項 11】 前記磁気記憶素子を囲むようにしてワイヤを配置したことを特徴とする、請求項 10 に記載の磁気メモリ。

【請求項 12】 請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の磁気記憶素子を、所定の基板上において平面状に複数配置するとともに、前記磁気記憶素子を囲むようにしてワイヤを配置し、このワイヤに所定の電流を流すことにより生じた順方向磁場によって前記磁気記憶素子中にスピボルテックスを生じさせ、情報の磁気的な書き込みを行うようにしたことを特徴とする、磁気記録方法。

【請求項 13】 前記ワイヤに所定の電流を流すことにより、前記順方向磁場と逆方向の逆方向磁場を生じさせ、この逆方向磁場によって磁気記録された前記磁気記憶素子中に逆方向のスピボルテックスを生じさせ、情報の磁気的な書き換えを行うようにしたことを特徴とする、請求項 12 に記載の磁気記録方法。

【請求項 14】 所定の基板上にレジスト膜を一様に形成する工程と、前記レジスト膜に露光現像処理を施すことにより、前記

所定の基板の主面が露出した開口部を有するレジストパターンを形成する工程と、

前記レジストパターンを介して成膜処理を施すことにより、前記所定の基板の前記主面上に、外部磁界の印加によりスピボルテックスを生じる第 1 の磁性体薄膜と、膜面と略垂直な磁化を有する第 2 の磁性体薄膜とを順次に積層して、前記第 1 の磁性体薄膜と、前記第 2 の磁性体薄膜とを具える磁気記憶素子を製造する工程と、を含むことを特徴とする、磁気記憶素子の製造方法。

【請求項 15】 前記第 1 の磁性体薄膜と前記第 2 の磁性体薄膜との間に絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする、請求項 13 に記載の磁気記憶素子の製造方法。

【請求項 16】 所定の基板上にレジスト膜を一様に形成する工程と、

前記レジスト膜に露光現像処理を施すことにより、前記所定の基板の主面が露出した複数の開口部を有するレジストパターンを形成する工程と、

前記レジストパターンを介して成膜処理を施すことにより、前記所定の基板の前記主面上に、外部磁界の印加によりスピボルテックスを生じる第 1 の磁性体薄膜と、膜面と略垂直な磁化を有する第 2 の磁性体薄膜とを順次に積層して、前記第 1 の磁性体薄膜と、前記第 2 の磁性体薄膜とを具える複数の磁気記憶素子を製造する工程と、を含むことを特徴とする、磁気メモリの製造方法。

【請求項 17】 前記第 1 の磁性体薄膜と前記第 2 の磁性体薄膜との間に絶縁層を形成する工程を含むことを特徴とする、請求項 16 に記載の磁気メモリの製造方法。

【請求項 18】 前記磁気記憶素子を囲むようにしてワイヤを形成する工程を含むことを特徴とする、請求項 16 又は 17 に記載の磁気メモリの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ランダムアクセスメモリ(RAM)として好適に用いることのできる磁気記憶素子、磁気メモリ、並びに前記磁気記憶素子及び前記磁気メモリを用いた磁気記録方法、さらには、前記磁気記憶素子及び前記磁気メモリに対する製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ランダムアクセスメモリ(RAM: Random Access Memory)としては、半導体素子を用いた半導体ランダムアクセスメモリ(半導体RAM)が主流であったが、このような半導体RAMは、苛酷な条件下で使用されると、その安定性が劣化するという問題があった。そして、この傾向は、半導体素子を小型して集積密度を向上させようとする場合においてより顕著となっていた。

【0003】したがって、例えば、ダイナミックランダムアクセスメモリ(DRAM: dynamic Random Access

Memory) などの半導体 RAM においては、安定した動作を実現するために、所定の電流を流してデータを保持するリフレッシュ動作などの余分な操作が必要とされている。また、余分な操作を必要としない半導体 RAM においては、アクセスに長時間を要するという問題があった。

【0004】かかる観点より、近年、磁気記憶素子を用いた磁気ランダムアクセスメモリ (MRAM: Magnetic Random Access Memory) が注目されている。MRAM は、磁化の向きに対応させて“0”、“1”の信号を記録するようにしたものである。前記磁化の向きは外部磁界を加えない限り不変であるため、MRAM は極めて高い安定性を示す。

【0005】このような MRAM を構成する磁気記憶素子としては、GMR (巨大磁気抵抗: giant magnetoresistive) 膜を用いたもの、TMR (トンネル磁気抵抗: tunneling magnetoresistive) 膜を用いたものが提案されている。しかしながら、これらの磁気記憶素子は、“0”、“1”情報を読み出すために要求される MR 比などの磁気特性が不十分であるために、実用に足る MRAM を実現することはできないでいた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、実用に足る MRAM を提供することのできる新規な磁気記憶素子を提供するとともに、これを用いた磁気メモリを提供することを目的とする。さらには、前記磁気記憶素子及び前記磁気メモリに対する磁気記録方法を提供するとともに、前記磁気記憶素子及び前記磁気メモリに対する製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成すべく、本発明は、外部磁界の印加によりスピントルクス (スピントルク) を生じる第 1 の磁性体薄膜と、この第 1 の磁性体薄膜の上方において、膜面と略垂直な磁化を有する第 2 の磁性体薄膜とを具えることを特徴とする、磁気記憶素子に関する。

【0008】本発明者らは、MRAM を実現することのできる新規な構成の磁気記憶素子を得るべく鋭意検討を行った。その結果、上述したように、外部磁界の印加によりスピントルクスを生じる第 1 の磁性体薄膜と、膜面に略垂直な磁化を有する第 2 の磁性体薄膜とを積層させることによって、MRAM として使用することのできる、全く新規な構成の磁気記憶素子を提供できることを見いだした。

【0009】図 1 及び図 2 は、本発明の磁気記憶素子の一例を示す構成図である。図 1 に示す磁気記憶素子 10 は、外部磁界の印加によりスピントルクスを生じる第 1 の磁性体薄膜 1 と、この第 1 の磁性体薄膜 1 の上方において、膜面と略垂直な磁化 C を有する第 2 の磁性体薄膜 2 とを具えている。また、第 1 の磁性体薄膜 1 と第

2 の磁性体薄膜 2 との間には、磁気記憶素子 10 全体を通じて流れる電流値を制御 (抑制) するための絶縁層 3 が形成されている。

【0010】第 1 の磁性体薄膜 1 に順方向の外部磁界が印加されて符号 A で示すようなスピントルクスが生じると、スピントルクス A の核部分においては垂直に立ち上がった磁化 B が形成される。一方、第 1 の磁性体薄膜 1 に逆方向の外部磁界が印加されて符号 D で示すような逆向きのスピントルクスが生じると、スピントルクス D の核部分においては、磁化 B と逆向きに立ち上がった磁化 E が形成される。

【0011】図 1 においては、第 1 の磁性体薄膜 1 中の磁化 B と第 2 の磁性体薄膜 2 の磁化 C とは互いに同方向を向いており、図 2 においては、第 1 の磁性体薄膜 1 中の磁化 B と第 2 の磁性体薄膜 2 中の磁化 E とは互いに逆方向を向いている。したがって、磁気記憶素子 10 の垂直方向に所定の電場を印加した場合、第 1 の磁性体薄膜 1 と第 2 の磁性体薄膜 2 とが図 1 に示すような磁化状態にある場合においては、第 1 の磁性体薄膜 1 と第 2 の磁性体薄膜 2 とが図 2 に示す磁化状態にある場合よりも、より多くの電流が流れるようになる。

【0012】このため、第 1 の磁性体薄膜 1 の磁化方向に対応させて“0”及び“1”の情報を記憶させておくことにより、この磁化状態を電流値の大小として読み出すことができるようになる。

【0013】すなわち、本発明の磁気記憶素子は、第 1 の磁性体薄膜のスピントルクスの向きにより磁気的な記録を行い、従来の MRAM 同様に、スピントルクスの向きの変換による電流値の大小を利用して記録情報を読み出すようにしている。したがって、本発明の磁気記憶素子を用いることによって、全く新規な構成の MRAM を提供できることが分かる。実用的な MRAM を構成する本発明の磁気メモリは、上述した磁気記憶素子を所定の基板上に複数配置して構成する。

【0014】なお、「スピントルクス (スピントルク)」とは、上述した説明からも明らかなように、薄膜中において渦状に発生した磁化状態を意味するものである。本発明の磁気記憶素子、及び磁気メモリの好ましい態様、並びに磁気記録方法、磁気記憶素子及び磁気メモリの製造方法については、発明の実施の形態において詳述する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。第 1 の磁性体薄膜の形状は特に限定されるものではないが、図 1 及び図 2 に示すように、円形状であることが好ましい。これによって、所定の外部磁界を印加することにより、第 1 の磁性体薄膜中にスピントルクスを容易に生じさせることができる。

【0016】また、第 1 の磁性体薄膜は、所定の外部磁

界印加によってスピボルテックスを生じさせるものであれば、如何なる磁性材料から構成しても良い。しかしながら、パーマロイやスーパーマロイ、及び鉄などの軟磁性材料、特にパーマロイから構成することが好ましい。これによって、第1の磁性体薄膜中にスピボルテックスを簡易に形成することができる。なお、スピボルテックスの発生をより簡易に行うためべく、前記第1の磁性体薄膜の保磁力が、この第1の磁性体薄膜上に形成される第2の磁性体薄膜の保磁力よりも小さくなるように、その厚さ並びに前記磁性材料の組成などを制御することが好ましい。

【0017】また、第1の磁性体薄膜の直径は、外部磁界によるスピボルテックスの発生をより簡易かつ効果的に行うべく、 $0.05\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ であることが好ましい。なお、第1の磁性体薄膜を上述した軟磁性材料から構成することにより、その直径を $0.1\mu\text{m}$ 以下とした場合においても十分大きなスピボルテックスを得ることができる。

【0018】また、第1の磁性体薄膜の厚さは、前記同様に、外部磁界によるスピボルテックスの発生をより簡易かつ効果的に行うべく、 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。なお、第1の磁性体薄膜を上述した軟磁性材料から構成することにより、その厚さを 1nm まで小さくした場合においても十分大きなスピボルテックスを得ることができる。

【0019】また、第2の磁性体薄膜は、内部にスピボルテックスを生じさせるものではないため、如何なる形状に作製することもできる。しかしながら、以下に示す本発明の磁気記憶素子の製造方法により、第1の磁性体薄膜及び第2の磁性体薄膜は、共通のレジストパターンを用いて連続的に作製されるため、第1の磁性体薄膜と第2の磁性体薄膜とは同一の形状を呈するようになる。このため、第1の磁性体薄膜が上述したように円柱状を呈する場合は、第2の磁性体薄膜も円柱状を呈するようになる。

【0020】さらに、第2の磁性体薄膜は、膜面と略垂直な磁化を有するものであれば、如何なる磁性材料から構成しても良い。しかしながら、飽和磁化が大きく、薄膜化した際に膜面に垂直な磁化容易軸を有することから、Coやコバルト系合金を用いることが好ましい。特に、入手が容易で安価であることからCoを用いることが好ましい。

【0021】また、膜面に垂直な磁化容易軸を簡易に得るべく、第2の磁性体薄膜の厚さは、 $1\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。そして、第2の磁性体薄膜を上述のようなCoなどの磁性材料から構成することにより、その厚さを $0.05\mu\text{m}$ まで小さくした場合においても十分大きな飽和磁化を得ることができる。

【0022】したがって、第1の磁性体薄膜を上述したパーマロイなどの軟磁性材料から構成し、第2の磁性体

薄膜を上述したCoなどの磁性材料から構成することにより、極めて微細な磁気記憶素子を提供することができ、これらを所定の基板状に配置することによって、本発明に従った高密度の磁気メモリを提供することができる。但し、第1の磁性体薄膜及び第2の磁性体薄膜を比較的大きく形成することにより、目的に応じて数十 μm オーダの磁気記憶素子を提供することもできる。

【0023】上述したように、磁気記憶素子10から記録情報を読み出すに際しては、磁気記憶素子10の垂直方向の所定の電場を印加し、磁気記憶素子10に流れる電流値の大小関係から“0”又は“1”の情報を識別して読み出すものである。しかしながら、第1の磁性体薄膜1と第2の磁性体薄膜2とを直接積層させた場合においては、磁気記憶素子10に流れる電流値の絶対量が大きくなり過ぎ、上述した電流値の大小関係を正確に読み取ることができない場合がある。

【0024】このような場合においては、図1及び図2に示すように、第1の磁性体薄膜1と第2の磁性体薄膜2との間に絶縁層3を設けることが好ましい。これによって、磁気記憶素子10の垂直方向に電場を印加した場合においても、実際には絶縁層3を介してトンネル電流が流れるのみであるので、電流値の絶対量を大きく低減することができる。

【0025】なお、絶縁層3の厚さは好ましくは $1\text{nm} \sim 10\text{nm}$ である。そして、例えばアルミナ、シリカ、酸化マグネシウム、及びストロンチウム-チタンオキサイド(STO)などの絶縁材料から作製することができる。

【0026】図3は、本発明の磁気メモリの概要を示す構成図である。なお、図3に示す磁気メモリ20においては、上述したような磁気記憶素子10-1~10-9が図示しない所定の基板上において、平面的に格子状に配置されている。そして、磁気記憶素子10-1~10-9のそれぞれを囲むようにしてワイヤ11-1~11-3及び12-1~12-3が配置されている。

【0027】そして、磁気記憶素子10-1~10-9のそれぞれに所定の外部磁界を印加することによって、図1及び図2に示すようにして書き込みを行う。以下、図3に示す磁気メモリ20において、本発明の磁気記録方法を詳述する。

【0028】例えば、磁気記憶素子10-1に対して書き込みを行う場合は、ワイヤ11-1及び11-2、並びにワイヤ12-1及び12-2に所定の電流を流し、磁気記憶素子10-1を囲むワイヤに矢印Fで示す方向に電流が流れるようにする。すると、磁気記憶素子10-1を囲むワイヤ内には、矢印Fの進む方向、すなわち上向きの磁場が生じる。したがって、磁気記憶素子10-1には、前記上向きの磁場によってスピボルテックスが生じ、図1に示すように第1の磁性体薄膜1中には上向きの磁化Bが形成される。したがって、磁化Bの向

きに依じて、情報“0”又は“1”を書き込むことができる。

【0029】一方、磁気記憶素子10-1を囲むワイヤ内に、矢印Gで示す方向に電流が流れるようにすると、磁気記憶素子10-1を囲むワイヤ内には、矢印Gの進む方向、すなわち、下向きの磁場が生じる。したがって、磁気記憶素子10-1には、前記下向きの磁場によってスピントルクが生じ、図2に示すように第1の磁性体薄膜1中には下向きの磁化Eが形成される。したがって、磁化Bの向きに応じて書き込まれた情報“0”又は“1”を、“1”又は“0”に書き換えることができる。

【0030】図1及び図2で説明したように、第2の磁性体薄膜2は、例えば、これらの図に示されているように、膜面に垂直な磁化Cを有している。したがって、磁気記憶素子10-1に垂直方向に所定の電場を加えた場合に、第1の磁性体薄膜1の磁化状態によって、磁気記憶素子10-1を通じて流れる電流値が変化する。すなわち、第1の磁性体薄膜1が磁化Bを形成している場合は、第1の磁性体薄膜が磁化Eを形成している場合よりも、より多くの電流が流れるようになる。したがって、電流値の大きさを計測することによって、書き込まれた情報を識別し、読み出すことができる。

【0031】なお、ワイヤに流す電流値の絶対量を制御する（大きくする）ことによって、必ずしも磁気記憶素子を囲む総てのワイヤに電流を流さなくても、磁気記憶素子にスピントルクを生じさせることができる。例えば、図3において、磁気記憶素子10-1、10-4、及び10-7はワイヤ11-1に接近して配置されているので、ワイヤ11-1に対して一方向に比較的絶対値の大きな、例えば矢印Hで示す方向に電流を流すことにより、この電流によって生じた磁場のみに磁気記憶素子10-1、10-4、及び10-7にスピントルクを生じさせることができる。

【0032】また、磁気記憶素子10-1～10-3はワイヤ12-1に接近して配置されているので、ワイヤ12-1に対して一方向に比較的絶対値の大きな、例えば、矢印Iで示す方向に電流を流すことによって、この電流によって生じた磁場のみに磁気記憶素子10-1～10-3にスピントルクを生じさせることができる。

【0033】さらに、例えば、磁気記憶素子10-1においては、ワイヤ11-1及び12-1に同方向、例えば、ワイヤ11-1に対して矢印Hで示す方向に比較的絶対値の大きな電流を流し、ワイヤ12-1に対して矢印Iで示す方向に比較的絶対値の大きな電流を流すことによって、磁気記憶素子10-1内により効果的にスピントルクを生じさせることができる。

【0034】次に、本発明の磁気記憶素子の製造方法について説明する。図4～図7は、本発明の磁気記憶素子

の製造方法における工程図である。最初に、図4に示すように、所定の基板31上にレジスト膜32を厚さ0.1μm～5μmにスピコートなどで塗布して形成する。次いで、レジスト膜32に対して露光現像処理を施すことにより、図5に示すように、基板31の主面31Aが露出するように形成された開口部33Aを有するレジストパターン33を形成する。

【0035】その後、図6に示すように、レジストパターン33をマスクとして、スパッタリングや真空蒸着法などの成膜処理を施すことにより、第1の磁性体薄膜、及び第2の磁性体薄膜を順次に積層させて形成するとともに、必要に応じて絶縁層を前記第1の磁性体薄膜と前記第2の磁性体薄膜との間に形成することによって、開口部33A内に磁気記憶素子10を形成する。次いで、レジストパターンをリフトオフすることによって、図7に示すように、基板31上に形成された磁気記憶素子10を得る。

【0036】なお、磁気メモリの製造方法においても、図5に示す工程において、複数の開口部を有するレジストパターンを形成し、図6に示す工程において、複数の磁気記憶素子を同時に形成することを除いては、上述したようにして形成する。

【0037】また、所定の基板上に第1の磁性体薄膜及び第2の磁性体薄膜を一樣に積層させた多層膜を作製するとともに、必要に応じて前記第1の磁性体薄膜及び前記第2の磁性体薄膜間に絶縁層を一樣に形成する。そして、所定のマスクを介して前記多層膜に、例えば、アルゴンイオンなどのイオンミリング処理を前記基板の主面が露出するまで施すことによって、磁気記憶素子又は磁気メモリを作製することもできる。

【0038】以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更が可能である。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、スピントルクによる磁化の向きに応じて書き込みを行う全く新規な構成の磁気記憶素子、及びこれを用いた磁気メモリを提供することができる。したがって、本発明の磁気記憶素子又は磁気メモリを用いることによって、実用に足るMRAMを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記憶素子の一例を示す構成図である。

【図2】 同じく、本発明の磁気記憶素子の一例を示す構成図である。

【図3】 本発明の磁気メモリの概要を示す構成図である。

【図4】 本発明の磁気記憶素子の製造方法における一

工程図である。

【図5】 図4に示す工程の次の工程を示す図である。

【図6】 図5に示す工程の次の工程を示す図である。

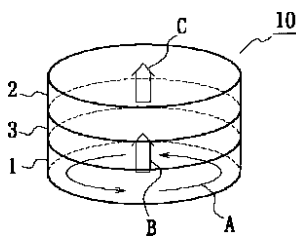
【図7】 図6に示す工程の次の工程を示す図である。

【符号の説明】

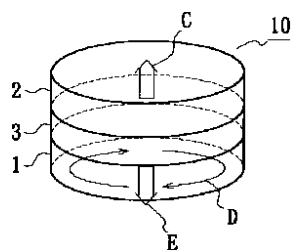
- 1 第1の磁性体薄膜
- 2 第2の磁性体薄膜
- 3 絶縁層
- 10、10-1～10-9 磁気記憶素子

- 11-1～11-3 ワイヤ
- 12-1～12-3 ワイヤ
- 20 磁気メモリ
- A、D スピンポルテックスの向き
- B、E スピンポルテックスの各部
- C 第2の磁性体薄膜の磁化の向き
- 分における磁化の向き

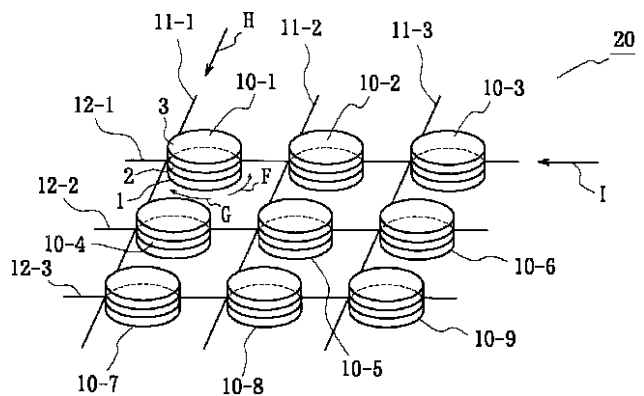
【図1】



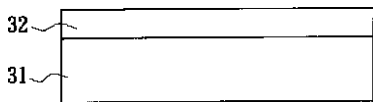
【図2】



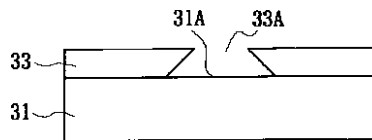
【図3】



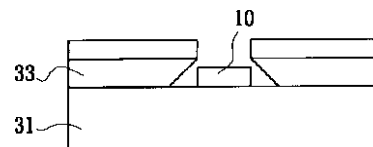
【図4】



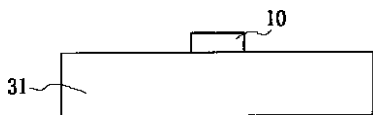
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 末岡 和久
 北海道札幌市東区北35条東3丁目3-10-108

(72)発明者 廣田 榮一
 大阪府枚方市山之上1丁目26-9

(72)発明者 中根 了昌
 北海道札幌市東区北17条東8丁目2-7

(72)発明者 中村 基訓
 北海道江別市上江別305-1

Fターム(参考) 5E049 AA04 AC05 BA06 CB01 DB12
 FC01 GC01
 5F083 FZ10 PR01