

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成25年10月10日 (2013.10.10)

【公開番号】特開2012-59906(P2012-59906A)

【公開日】平成24年3月22日 (2012.3.22)

【年通号数】公開・登録公報2012-012

【出願番号】特願2010-201526(P2010-201526)

【国際特許分類】

H 0 1 L 21/8246 (2006.01)

H 0 1 L 27/105 (2006.01)

H 0 1 L 43/10 (2006.01)

H 0 1 L 43/08 (2006.01)

H 0 1 L 29/82 (2006.01)

【 F I 】

H 0 1 L 27/10 4 4 7

H 0 1 L 43/10

H 0 1 L 43/08 Z

H 0 1 L 29/82 Z

H 0 1 L 43/08 M

【手続補正書】

【提出日】平成25年8月28日 (2013.8.28)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 1 7 】

しかしながら、一方で、電流によって書き込まれた情報を記憶しなければ不揮発性メモリとはなり得ない。つまり、記憶層の熱揺らぎに対する安定性（熱安定性）の確保が必要である。

スピン注入による磁化反転を利用する記憶素子の場合、従来の M R A M と比較して、記憶層の体積が小さくなるので、単純に考えると熱安定性は低下する方向にある。

記憶層の熱安定性が確保されていないと、反転した磁化の向きが、熱により再反転してしまい、書き込みエラーとなってしまう。

そして、スピン注入による磁化反転を利用する記憶素子の大容量化を進めた場合、記憶素子の体積は一層小さくなるので、熱安定性の確保は重要な課題となる。

そのため、スピン注入による磁化反転を利用する記憶素子において、熱安定性は非常に重要な特性である。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 3 5 】

【数 2】

$$\Delta = KV/k_B T = M_S \cdot V \cdot H_K \cdot (1/2k_B T) \quad \text{式(2)}$$

ここで、 H_k ：実効的な異方性磁界、 k_B ：ボルツマン定数、 T ：温度、 M_s ：飽和磁化量、 V ：記憶層の体積、 K は異方性エネルギーである。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

そこで、本願の発明者等が種々の検討を行った結果、記憶層 17 を構成する強磁性層として、例えば $Co - Fe - B$ の組成を選定することにより、記憶層 17 が受ける実効的な反磁界 ($M_{effective}$) の大きさが、記憶層 17 の飽和磁化量 M_s よりも小さくなることを見出した。

上述の強磁性材料を用いることにより、記憶層 17 が受ける実効的な反磁界の大きさが、記憶層 17 の飽和磁化量 M_s よりも小さい構成となる。

これにより、記憶層 17 が受ける反磁界を小さくすることができるので、式 (2) により表される熱安定性を損ねることなく、式 (1) 中により表される電流の閾値 I_c を低減する効果が得られる。

さらに、発明者らは、上記の選定された $Co - Fe - B$ 組成の内、限られた組成範囲において、 $Co - Fe - B$ が膜面垂直方向に磁化し、それにより、 $Gbit$ クラスの容量を実現可能な極微小記憶素子においても十分な熱安定性が確保可能であることを見出した。

従って、 $Gbit$ クラスのスピントルクメモリにおいて熱安定性を保った状態で、低電流で情報の書き込みができる、という安定したメモリの形成を可能にする。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0055

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0055】

また、記憶素子の膜構成は、記憶層 17 が磁化固定層 15 の下側に配置される構成でも、上側に配置される構成でも全く問題はない。さらには、磁化固定層 15 が記憶層 17 の上下に存在する、いわゆるデュアル構造でも全く問題ない。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0062

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0062】

記憶層 17 は、磁化 M_{17} の方向が膜面垂直方向に自由に変化する磁気モーメントを有する強磁性体から構成されている。磁化固定層 15 は、磁化 M_{15} が膜面垂直方向に固定された磁気モーメントを有する強磁性体から構成されている。

情報の記憶は一軸異方性を有する記憶層 17 の磁化の向きにより行う。書き込みは、膜面垂直方向に電流を印加し、スピントルク磁化反転を起こすことにより行う。このように、スピントルクにより磁化の向きが反転する記憶層 17 に対して、下層に磁化固定層 15 が設けられ、記憶層 17 の記憶情報 (磁化方向) の基準とされる。

本実施の形態では、記憶層 17、磁化固定層 15 としては $Co - Fe - B$ を用いる。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0091

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 9 1 】

反転電流値の測定結果を図 3 に示し、熱安定性の指標の測定結果を図 4 に示す。

図 3 は、記憶層 1 7 の $\text{Co} - \text{Fe} - \text{B}$ 合金の Co 量 x (CoFe 中の含有量；原子%) と、反転電流値から求めた反転電流密度 J_{c0} との関係を示している。

図 4 は、記憶層 1 7 の $\text{Co} - \text{Fe} - \text{B}$ 合金の Co 量 x (CoFe 中の含有量；原子%) と、熱安定性の指標 ($KV / k_B T$) との関係を示している。

【 手続補正 7 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 9 3 】

図 4 より、 Co 量 x が小さくなるにつれて、熱安定性の指標 ($= KV / k_B T$) が大きくなっていき、 Co 量 x がある程度以上小さくなると熱安定性の指標 が大きい値で安定することが分かる。

これは、表 1 に示した飽和磁化量 M_s の測定結果と、式 (2) より熱安定性の指標 が飽和磁化量 M_s に比例することとから予想される変化とよく一致している。

【 手続補正 8 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 9 5 】

[実験 2]

上記の [実験 1] により、 $(\text{Co}_x \text{Fe}_{100-x})_{80} \text{B}_{20}$ の場合、 Co 量 x が 7 0 % 以下の組成で高い熱安定性を有したまま、反転電流値 J_{c0} を低減できることがわかった。

そこで、[実験 2] において $(\text{Co}_{70} \text{Fe}_{30})_{80} \text{B}_z$ 、および $(\text{Co}_{80} \text{Fe}_{20})_{80} \text{B}_z$ 組成の記憶層 1 7 を用いて、 B 量 z が Co と Fe の比と $M_{\text{effective}} / M_s$ にどのような影響を与えるかを調べた。試料の詳細は [実験 1] と同様である。

【 手続補正 9 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 9 9 】

表 2 の結果より、 $(\text{Co}_{70} \text{Fe}_{30})_{100-z} \text{B}_z$ のように Co と Fe の比を 7 0 / 3 0 で固定した場合、 B 量 $z = 4 0$ 原子% 以外の組成では 実効的な反磁界 $M_{\text{effective}}$ が飽和磁化量 M_s より小さくなっていることが確認できる。

【 手続補正 1 0 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 0 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 1 0 0 】

表 3 の結果より、 $(\text{Co}_{80} \text{Fe}_{20})_{100-z} \text{B}_z$ のように Co と Fe の比を 8 0 / 2 0 で固定した場合、いずれの組成においても 実効的な反磁界 $M_{\text{effective}}$ が飽和磁化量 M_s より大きくなっていることが確認できる。

【 手続補正 1 1 】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 0 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0101】

上述の表1～3の結果より、B量 z が30原子%以下の範囲であれば、飽和磁化量 M_s と実効的な反磁界 $M_{\text{effective}}$ の大小関係はCoとFeの比で決定されることが明らかになった。

従って、記憶層17の実効的な反磁界 $M_{\text{effective}}$ が飽和磁化量 M_s より小さくなるCo-Fe-B合金の組成は、

0 Co_x 70、

30 Fe_y 100、

0 < B_z 30において、

(Co_x-Fe_y)_{100-z}-B_zである。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0102

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0102】

[実験3]

Gbitクラスのスピン注入型メモリでは、記憶素子のサイズが100nm以下になることが想定される。そこで、[実験3]において、50nmのサイズの記録素子を用いて、熱安定性を評価した。

Co-Fe-B合金の組成は、CoFeとBとの組成比(原子%)を80:20に固定して、CoFe中のCoの組成比 x (原子%)を、90%、80%、70%、60%、50%、40%、30%、20%、10%、0%と変化させた。

素子サイズ以外の試料の詳細は[実験1]と同様である。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0105

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0105】

図5によると、Feが60原子%以上存在するCo-Fe-B合金組成の場合にのみ、高い熱安定性が保持されている。

種々の検討を行った結果、Feが60原子%以上存在するCo-Fe-B合金が極微小な記憶素子において高い熱安定性を示す理由は、Co-Fe-B合金の磁化が膜面面直方向を向いていることに起因していることが明らかになった。

Co-Fe-B合金の磁化が膜面面直方向になっている理由は、実効的な反磁界 $M_{\text{effective}}$ が飽和磁化量 M_s より著しく小さい組成であることに起因していると思われる。

また、垂直磁化膜になると極微小素子においても熱安定性が保たれる理由は、式(2)中の H_k [実効的な異方性磁界]に関係しており、垂直磁化膜の H_k は一般的に面内磁化膜よりも遥かに大きな値になる。つまり、垂直磁化膜では、大きな H_k の効果により、面内磁化膜では十分な熱安定性を確保できない極微小な素子においても高い熱安定性を保つことが出来る。

上記の実験結果から、(Co_xFe_{100-x})₈₀B₂₀という組成のCo-Fe-B合金では、Fe_{100-x}が60以上になる場合、Gbitクラスのスピン注入を利用したメモリ装置に好適となるといえる。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0106

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0106】

[実験4]

上記[実験3]において、 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{100-x})_{80}\text{B}_{20}$ という組成のCo-Fe-B合金では、Fe量が60以上になる場合、Gbitクラスのスピントリカを利用したメモリ装置に好適となることを示した。[実験4]では、さらに、B量を5～30原子%の範囲のCo-Fe-B合金で50nmのサイズの記憶素子を作製し、熱安定性を評価した。

素子サイズ以外の試料の詳細は[実験1]と同様である。

【手続補正15】

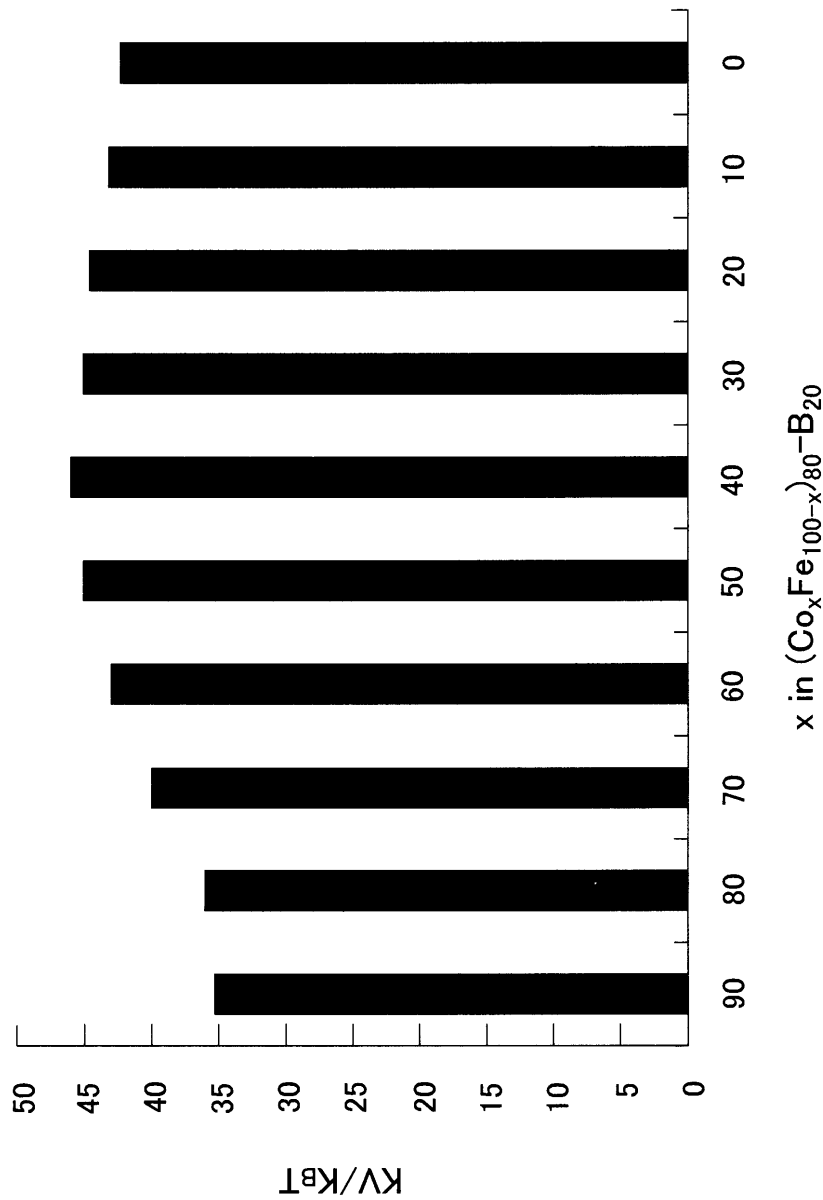
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 4 】



【 手続補正 1 6 】
【 補正対象書類名 】 図面
【 補正対象項目名 】 図 5
【 補正方法 】 変更
【 補正の内容 】

【図 5】

