

【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24日(2013.10.24)

【公開番号】特開2012-60062(P2012-60062A)

【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2010-204372(P2010-204372)

【国際特許分類】

H 01 L 21/8246 (2006.01)

H 01 L 27/105 (2006.01)

H 01 L 43/08 (2006.01)

H 01 L 43/10 (2006.01)

【F I】

H 01 L 27/10 4 4 7

H 01 L 43/08 M

H 01 L 43/08 Z

【手続補正書】

【提出日】平成25年9月9日(2013.9.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

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。

スピノ注入による磁化反転を利用する記憶素子の場合、従来のMRAM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、スピノ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。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0035

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0035】

【数2】

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

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、Ms : 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($M_{\text{effective}}$)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、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クラスのスピノ注入型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】0087

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0087】

表1から、 $(Co_xFe_{100-x})_{80}B_{20}$ のCo量xが70%以下の場合においては、実効的な反磁界の大きさ($M_{\text{effective}}$)は飽和磁化量 M_s よりも小さく、つまり、Co量xが70%以下のときの比 $M_{\text{effective}} / M_s$ は、1.0より小さな値になっている。

さらに、Co量xが小さくなるほど、 $M_{\text{effective}}$ と M_s の差が大きくなっていることが確認できる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0090

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0090】

図4より、Co量xが小さくなるにつれて、熱安定性の指標 $(= KV / k_B T)$ が大きくなっている、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 に比例することから予想される変化とよく一致している。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0092

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0092】

[実験2]

上記の[実験1]により、 $(Co_xFe_{100-x})_{80}B_{20}$ の場合、Co量xが70%以下である組成で高い熱安定性を有したまま、反転電流値Jc0を低減できることがわかった。

そこで、[実験2]において $(Co_{70}Fe_{30})_{80}B_z$ 、および $(Co_{80}Fe_{20})_{80}B_z$ 組成の記憶層17を用いて、B量zがCoとFeの比とM_{effective}/Ms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8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0096

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0096】

表2の結果より、 $(Co_{70}Fe_{30})_{100-z}B_z$ のようにCoとFeの比を70/30で固定した場合、B量z=40原子%以外の組成では実効的な反磁界M_{effective}が飽和磁化量Msより小さくなっていることが確認できる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0097

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0097】

表3の結果より、 $(Co_{80}Fe_{20})_{100-z}B_z$ のようにCoとFeの比を80/20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_{effective}が飽和磁化量Msより大きくなっていることが確認できる。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0098

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0098】

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Msと実効的な反磁界M_{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_{effective}が飽和磁化量Ms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11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0099】

[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のサイズの記憶素子を用いて、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12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0100

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0100】

記憶素子3のサイズが50nmの場合のCo-Fe-B合金のCo量(CoFe中の含有量；原子%)と熱安定性の指標(KV/k_BT)の関係を図5に示す。

【手続補正13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0101

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0101】

図5より、素子サイズが50nmになったことにより、熱安定性指数のCo-Fe-B合金組成依存性が、図4に示した短軸0.09μm×長軸0.18μmの橢円形状記憶素子で得られたのCo-Fe-B合金組成依存性から大きく変化したことが分かる。

【手続補正14】

【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】

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合金の磁化が膜面直方向になっている理由は、実効的な反磁界Meffective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遙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15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0103

【補正方法】変更

【補正の内容】**【0103】****[実験4]**

上記[実験3]において、 $(Co_xFe_{100-x})_{80}B_{20}$ 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クラスのスピノ注入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。

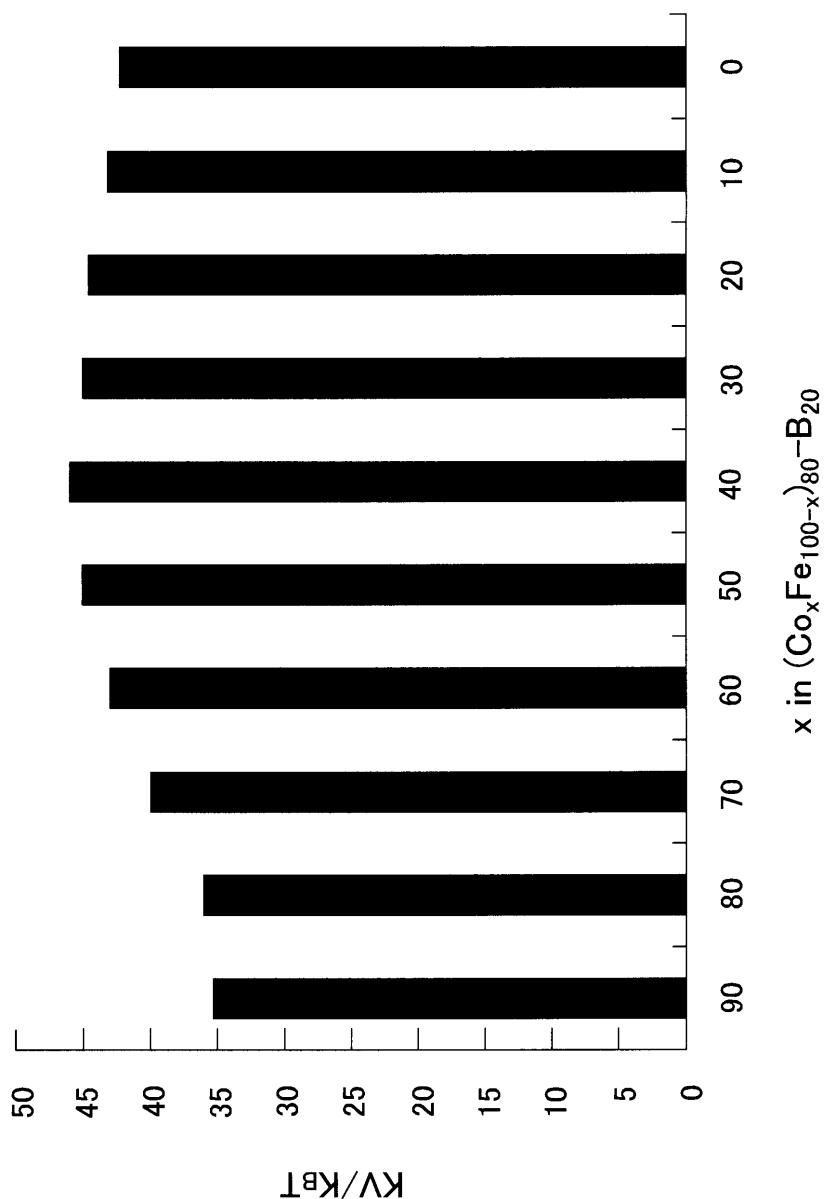
【手続補正16】**【補正対象書類名】明細書****【補正対象項目名】0110****【補正方法】変更****【補正の内容】****【0110】**

各試料の磁化固定層15の構造は以下の通りである。

- ・試料1：膜厚1.5nmのCo-Pt層と膜厚0.8nmのRu膜と膜厚1.0nmの $[Co_{20}Fe_{80}]_{80}B_{20}$ 膜の積層膜
- ・試料2：膜厚1.5nmの $Co_{90}Fe_{10}$ -Pt層と膜厚0.8nmのRu膜と膜厚1.0nmの $[Co_{20}Fe_{80}]_{80}B_{20}$ 膜の積層膜
- ・試料3：膜厚1.8nmの $Co_{90}Fe_{10}$ -Pt層と膜厚0.8nmのRu膜と膜厚1.5nmの $Co_{90}Fe_{10}$ -Pt層と膜厚0.8nmのRu膜と膜厚1.0nmの $[Co_{20}Fe_{80}]_{80}B_{20}$ 膜の積層膜
- ・試料4：膜厚2.1nmのCo-Pt層と膜厚0.8nmのRu膜と膜厚1.7nmのCo-Pt層と膜厚0.8nmのRu膜と膜厚1.0nmの $[Co_{60}Fe_{40}]_{80}B_{20}$ 膜の積層膜

【手続補正17】**【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18】

【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】

