

【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 9 月 19 日 (2013.9.19)

【公開番号】特開 2012-54439 (P2012-54439A)

【公開日】平成 24 年 3 月 15 日 (2012.3.15)

【年通号数】公開・登録公報 2012-011

【出願番号】特願 2010-196418 (P2010-196418)

【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 43/08 (2006.01)

H 0 1 L 43/10 (2006.01)

H 0 1 F 10/16 (2006.01)

H 0 1 F 10/32 (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 43/08 M

H 0 1 L 43/08 Z

H 0 1 F 10/16

H 0 1 F 10/32

H 0 1 L 29/82 Z

【手続補正書】

【提出日】平成 25 年 8 月 12 日 (2013.8.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 2 6】

記憶素子は、例えば図 2 に一例を示す層構造とされ、少なくとも 2 つの強磁性体層としての記憶層 17、磁化固定層 15 を備え、またその 2 つの磁性層の間の中間層 16 を備える。

記憶層 17 は、膜面に垂直な磁化を有し、情報に対応して磁化の向きが変化される。

磁化固定層 15 は、記憶層 17 に記憶された情報の基準となる膜面に垂直な磁化を有する。

中間層 16 は、非磁性体であって、記憶層 17 と磁化固定層 15 の間に設けられる。

そして記憶層 17、中間層 16、磁化固定層 15 を有する層構造の積層方向にスピン偏極した電子を注入することにより、記憶層 17 の磁化の向きが変化して、記憶層 17 に対して情報の記録が行われる。

【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 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 8】

【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】0059

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0059】

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、下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 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0065】

さらに、本実施の形態において、中間層 16 を、酸化マグネシウム層とした場合には、磁気抵抗変化率（MR 比）を高くすることができる。

このように MR 比を高くすることによって、スピン注入の効率を向上して、記憶層 17 の磁化  $M_{17}$  の向きを反転させるために必要な電流密度を低減することができる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0089

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0089】

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 17 の Co - Fe 合金の Co 量  $x$ （Co Fe 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 17 の Co - Fe 合金の Co 量  $x$ （Co Fe 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 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】

【0091】

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 70 % 以下に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 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 】

[ 実験 2 ]

上記 [ 実験 1 ] により、 $\text{Co}_x\text{Fe}_{100-x}$  の場合、 $\text{Co}$  量  $x$  が 70 % 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 ] においては、 $\text{Co} - \text{Fe}$  合金への、異種元素の添加効果を調べるため、 $\text{B}$  (ホウ素) を添加し、 $(\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50})_{92}\text{B}_8$  という組成の記憶層 17 を用い、これが  $M_{\text{effective}} / M_s$  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 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 】

すなわち、8 原子 % のホウ素を添加しても、飽和磁化量  $M_s$  と実効的な反磁界  $M_{\text{effective}}$  の大小関係は  $\text{Co}$  と  $\text{Fe}$  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  $M_{\text{effective}}$  を飽和磁化量  $M_s$  より小さくすることを、異種元素の添加が妨げることはないと考えられる。すなわち、高いトンネル磁気抵抗効果を発生させる、あるいは界面を平坦にして絶縁耐圧を向上させる、などの目的により、ホウ素などの添加元素を加えることも可能である。

【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 8

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 9 8 】

図 5 より、素子サイズが 50 nm になったことにより、熱安定性指数 の  $\text{Co} - \text{Fe}$  合金組成依存性が図 4 に示した短軸  $0.09 \mu\text{m} \times$  長軸  $0.18 \mu\text{m}$  の楕円形状記憶素子で得られた の  $\text{Co} - \text{Fe}$  合金組成依存性から大きく変化したことが分かる。

図 5 によると、 $\text{Co}$  が 40 % 以下、すなわち  $\text{Fe}$  が 60 % 以上存在する  $\text{Co} - \text{Fe}$  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、 $\text{Fe}$  が 60 % 以上存在する  $\text{Co} - \text{Fe}$  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、 $\text{Co} - \text{Fe}$  合金の磁化が膜面垂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。(外部磁界がない場合に磁化が安定になる方向は容易軸方向と呼ばれ、記憶素子の抵抗の外部磁界依存を測定し、その際の磁界方向を面内方向と垂直方向で比較することで調べることが可能である)。

$\text{Co} - \text{Fe}$  合金の磁化が膜面垂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、 $\text{Co} - \text{Fe}$  合金では、 $\text{Fe}$  量が 60 % 以上になる場合、Gbit クラスの ST - MRAM に好適となるといえる。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 1 0 2

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 0 2 】

以上実施の形態について説明してきたが、本発明では、上述の各実施の形態で示した記憶素子3の膜構成に限らず、様々な膜構成を採用することが可能である。

例えば実施の形態では、磁化固定層 1 5 を C o F e B としたが、実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他様々な構成が取り得る。

また、実施の形態では、単一の下地、キャップ材料、記憶素子形状しか示していないが、それらに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲でその他様々な構成が取り得る。

【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 3

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 1 0 3 】

また実施の形態では、磁化固定層 1 5 は単層であったが、2 層の強磁性層と非磁性層から成る積層フェリピン構造を用いても良い。また、さらに、積層フェリピン構造膜に反強磁性膜を付与した構造でもよい。

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

【手続補正 1 2 】

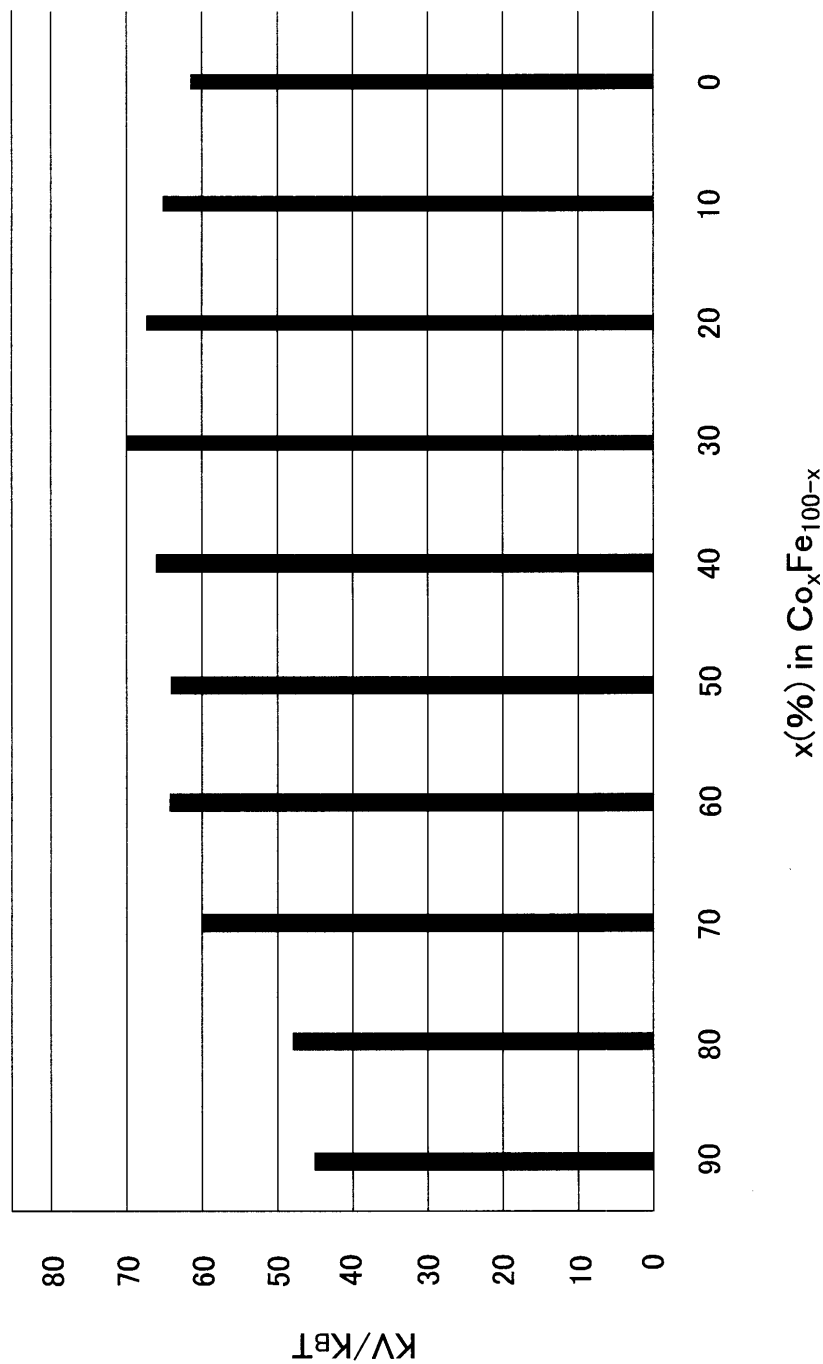
【補正対象書類名】 図面

【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 3 】  
【 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】

