

【技術分類】 1 - 4 - 1 MRAM / セル構造 / MTJ

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,110; H01L43/08@S

【技術名称】 1 - 4 - 1 - 1 擬スピバルブ (PSV : Pseudo-Spin Valve) セルの構造

【技術内容】

図 1 は擬スピバルブ (PSV : Pseudo-Spin Valve) セルの構造を示している。

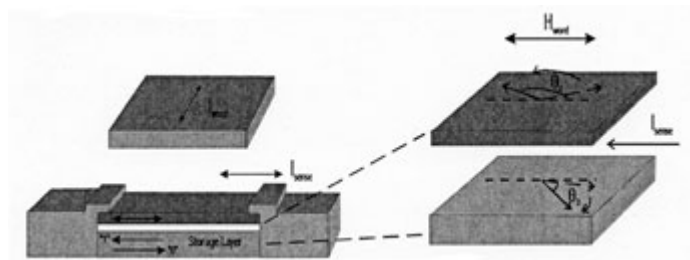
PSV セルは二つの磁性体で構成される。二つの磁気特性は異なっており、一方は他方より磁化反転し易い。このような磁性体は、同じ材料で厚さの異なる膜を用いることにより実現でき、薄い膜がより低い磁場で反転する「ソフト」膜であり、厚い膜がより高い磁場で反転する「ハード」膜になる。

セルを流れる電流に対する抵抗はハード層とソフト層の磁化が平行のとき最低になる。ソフト層はデータを読み出す手段として使われる。すなわち、ワード線に電流をながし、ハード層を反転させないでソフト層だけを反転する大きさの磁場を負方向から正方向に変え、このときの抵抗の差を読み取る。ハード層に記録された磁化の方向 (0、1) により抵抗差が正あるいは負になり、データを読み出すことができる。

PSV メモリセルの幅は $0.2\mu\text{m}$ あるいはそれ以下にでき、メモリセルの 2 次元配置により、提案されている MRAM の中では、最も高密度になるであろう。ただし、報告された範囲ではハード層を反転させる磁場の強さが高密度 IC として実用するには高すぎる。

【図】

図 1 擬スピバルブセル



出典 : MRAM Intellectual Property - Links to Selected MRAM Technical Papers

著者名 : James M. Daughton

表題 : 「Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM)」

関連箇所 : <http://www.nve.com/otherbiz/mram.pdf>、6 頁 Figure 5. Pseudo-Spin Valve Cell.

掲載年月日 : 2000 年 2 月 4 日

検索日 : 2005 年 2 月 16 日

アドレス : <http://www.nve.com/otherbiz/mram.php>

【出典 / 参考資料】

「Magnetoresistive Random Access Memory (MRAM)」, 「NVE 社ホームページ」, 2000 年 2 月 4 日, J. Daughton 著、NVE 社ホームページ (<http://www.nve.com/otherbiz/mram.pdf>) 公開、1-13 頁

【技術分類】 1 - 4 - 1 MRAM / セル構造 / MTJ

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,110; H01L43/08@S

【技術名称】 1 - 4 - 1 - 2 垂直磁化型 TMR

【技術内容】

従来一般的に使用されている、層平面方向 (in-plane) に磁化された膜ではなく、層に垂直方向に磁化されるフェリ磁性膜素子は、素子端部における湾曲磁化 (magnetization curling) が無いため、サブミクロンサイズの MTJ を高密度化に有利なアスペクト比 1 で実現できる。

図 1 に試作した垂直磁化 MTJ の層構造を示す。MTJ の層構造は、Si-wafer / AlCu(25) / GdFeCo(50) / CoFe(1) / Al₂O₃(1.3-2.2) / CoFe(1) / TbFeCo(30) / Pt(2) / Al(30) であり (数字は層厚で nm) 表面を熱酸化したシリコン基板上にマグネトロンスパッタ装置を使って積層し、フォトリソグラフィー、Ar イオンエッチングによりパターン化した。GdFeCo 膜はフリー層であり、TbFeCo 膜はピン層で、垂直方向に容易磁化軸を持つ。CoFe はスピン偏向物質であり高い TMR を得るために使われる。

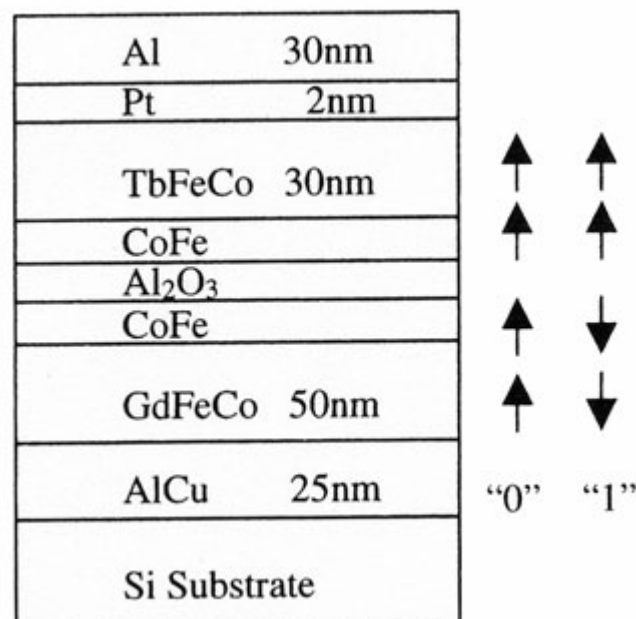
図 2 に FIB (focused ion beam) でパターニングした正方形の磁性膜の磁気力顕微鏡像を示す。層平面方向に磁化した NiFe の磁化パターン (図 2 (a)) は渦磁化 (vortex magnetization) による閉塞磁化状態を示している。このような渦磁化を消去する磁場の大きさは、膜の大きさが小さくなるほど大きくしなければならず、0.2 μm 角で 1000 Oe に達する。このため平面磁化膜は長方形で、長手方向に磁化される。

一方、垂直方向に上向きあるいは下向きに磁化した GdFe/ FeCo 膜では、図 2(b) に示すように 0.3 μm 角でも磁化が一樣であり、サブミクロンサイズの膜で安定で一樣な磁化が可能なことを示している。

垂直方向の外部磁場のもとで測定した垂直磁化 MTJ (85 μm 角) は、MR 比 55%、MR 比が半減するバイアス電圧 400mV であった。

【図】

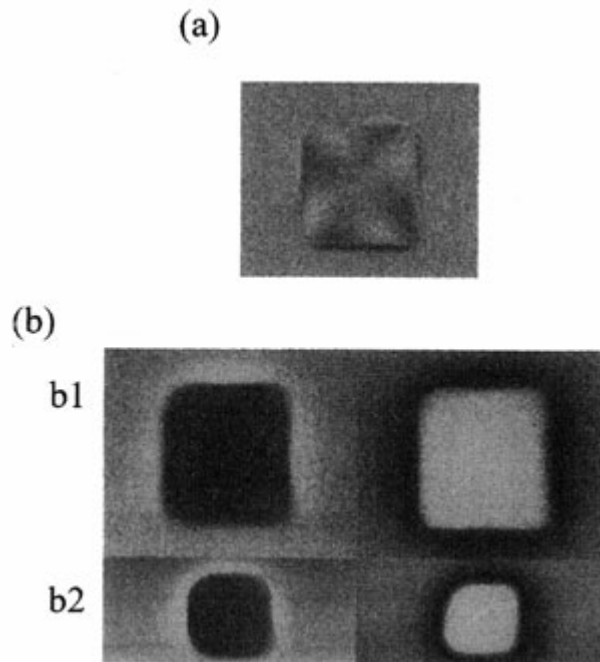
図 1 垂直磁化 MTJ の層構造。矢印はメモリの 0 と 1 に対応する磁気膜の磁化方向を示す。



出典 : 「Magnetic tunnel junction device with perpendicular magnetization films for high-density magnetic random access memory.」, 「J. Appl. Phys. Vol.91 No.8」, 2002 年 4 月 15

日、NISHIMURA N、HIRAI T、KOGANEI A、IKEDA T、OKANO K、SEKIGUCHI Y、OSADA Y 著、American Institute of Physics 発行、5247 頁 FIG. 1. Layer structure of a perpendicular MTJ. Arrows indicate magnetization direction of each magnetic layer for 0 or 1 state.

図2 (a)層平面方向に磁化した NiFe (40-nm 厚、 $0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m}$ 角) および(b)垂直方向に上向きあるいは下向きに磁化した GdFe/ FeCo 膜 (100-nm 厚、(b1) $0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m}$ 角および(b2) $0.3\mu\text{m} \times 0.3\mu\text{m}$ 角) の磁気力顕微鏡像。



出典：「Magnetic tunnel junction device with perpendicular magnetization films for high-density magnetic random access memory.」, 「J. Appl. Phys. Vol.91 No.8」, 2002 年 4 月 15 日、NISHIMURA N、HIRAI T、KOGANEI A、IKEDA T、OKANO K、SEKIGUCHI Y、OSADA Y 著、American Institute of Physics 発行、5247 頁 FIG. 2. Magnetic-force microscopy images for the in-plane magnetization film and perpendicular magnetization film at zero field. (a) 40-nm-thick $0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m}$ square NiFe element. (b) 100-nm-thick square GdFe/ FeCo elements: (b1) $0.5\mu\text{m} \times 0.5\mu\text{m}$, and (b2) $0.3\mu\text{m} \times 0.3\mu\text{m}$.

【出典 / 参考資料】

「Magnetic tunnel junction device with perpendicular magnetization films for high-density magnetic random access memory.」, 「J. Appl. Phys. Vol.91 No.8」, 2002 年 4 月 15 日、NISHIMURA N、HIRAI T、KOGANEI A、IKEDA T、OKANO K、SEKIGUCHI Y、OSADA Y 著、American Institute of Physics 発行、5246-5249 頁

【技術分類】 1 - 4 - 1 MRAM / セル構造 / MTJ

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,110; H01L43/08@S

【技術名称】 1 - 4 - 1 - 3 デュアルピン構造 (デュアル固着層構造)

【技術内容】

スピン注入磁化反転技術は、セルの微細化により電流を下げる事が出来、磁界書き込みにおける半選択問題が生じないなど、MRAM の磁性体セルの微細化に適した技術であるがその実現のためには反転電流密度の低減が必要で、少なくとも 10^6 から 10^5 A/cm² 台での磁化反転が望まれる。

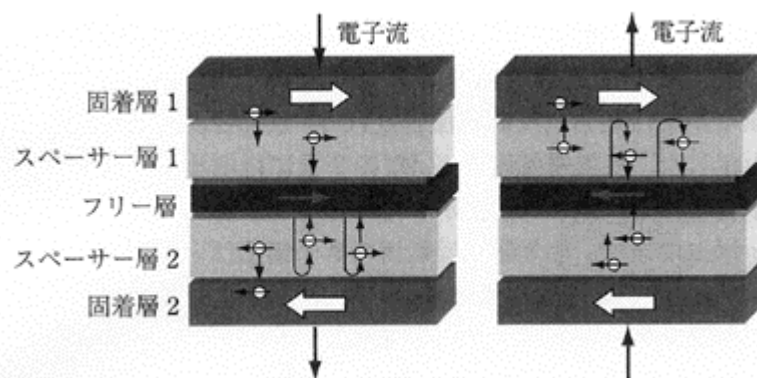
磁化反転電流密度を低下させる技術としてフリー層の両側に反平行の磁化配置の関係にある固着層を持つ素子を提案している (図 1)。

図 1 において、電子を上から流した場合、フリー層上面には固着層 1 のスピンの作用し、フリー層下面には固着層 2 から反射された固着層 1 と同じ向きのスピンが作用する。このためフリー層に同じ向きのスピンが 2 重にかかる。このようなデュアル固着層構造は、(1) 磁気反転トルクが 2 重にかかり、電流極性に対する反転の非対称性から上下の組合せにおいてそれぞれ絶対値の小さな臨界電流が支配的になるため反転電流が大幅に低下する。(2) 反平行の固定層があるため反転電流の極性による非対称性が解消できる。これらの効果は図 2 に模式的に示した。本構造の素子で、信号出力は低いものの、 6×10^6 A/cm² の反転電流密度が得られた。

さらに、(3) 非磁性スペーサー層の一方を絶縁バリアとすることで材料選択の巾を広げることが出来る。本構造では、2 層のスペーサー層いずれも同程度の抵抗および MR 比を示す材料を用いると信号出力はきわめて小さくなるが、片側のスペーサーをアルミナなどのトンネルバリアとすることで数 10% 以上の MR 比を得る可能性がある。

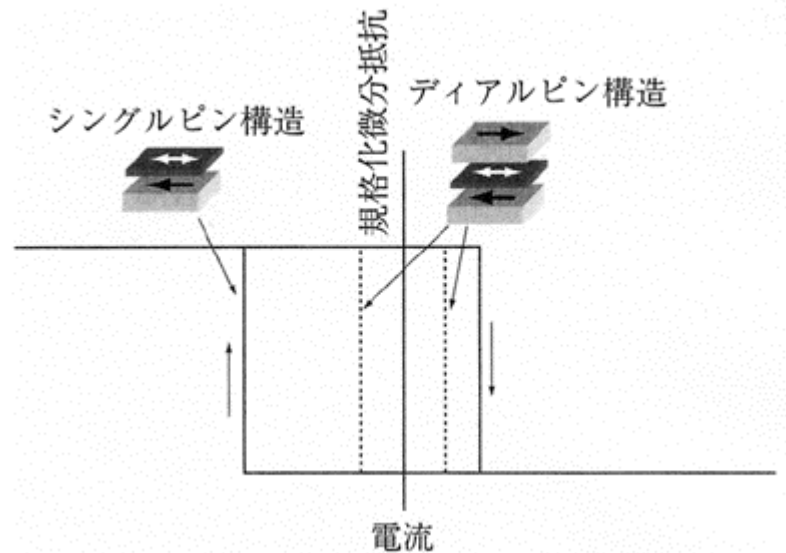
【図】

図 1 反平行デュアル固着層構造におけるスピン注入磁化反転の説明図。



出典：「磁気記憶材料におけるスピン注入磁化反転とその機構」,「まてりあ Vol.43 No.6」, 2004 年 6 月 1 日、中村志保著、社団法人日本金属学会発行、502 頁 図 5 反平行デュアル固着層構造におけるスピン注入磁化反転の説明図。2 つのピン層の磁化配置を反平行とすることで、フリー層の 2 つの界面への同一方向トルクを作用でき、反転効率が增加する。

図 2 反平行デュアル固着層構造とシングル固着層構造の磁化反転特性の比較予想図。



出典：「磁気記憶材料におけるスピン注入磁化反転とその機構」『あたりあ Vol.43 No.6』、2004年6月1日、中村志保著、社団法人日本金属学会発行、502頁 図6 反平行デュアル固着層構造とシングル固着層構造の磁化反転特性の比較予想図。

【出典 / 参考資料】

「磁気記憶材料におけるスピン注入磁化反転とその機構」『あたりあ Vol.43 No.6』、2004年6月1日、中村志保著、社団法人日本金属学会発行、498 - 503頁

【技術分類】 1 - 4 - 1 MRAM / セル構造 / MTJ

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,110; H01L43/08@S

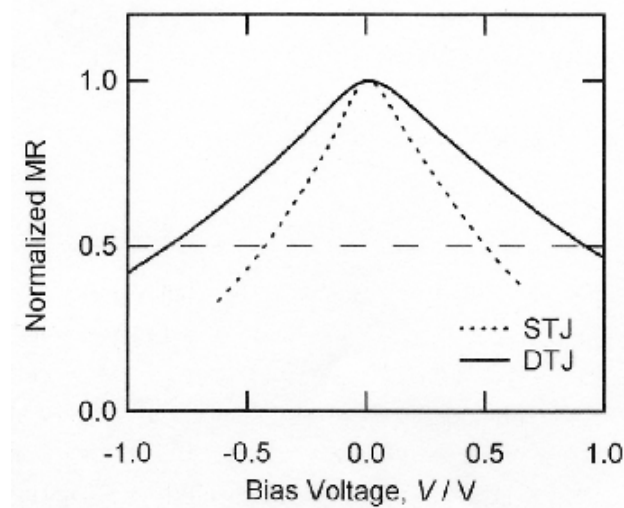
【技術名称】 1 - 4 - 1 - 4 デュアルピン構造 - MR 比のバイアス電圧依存

【技術内容】

強磁性トンネル接合(MTJ)に数百 mV 程度のバイアス電圧を印加することでメモリ読み出しを行うが、磁気抵抗(MR)比や出力が低下するために高速性を損なう。バイアス電圧依存性の起源としてバリア中の磁性不純物、バリア中の欠陥による Two-step Tunneling、バリア表面でのマグノン励起によるスピンフリップがある。MR 比の急激な減少改善策としてバリア層を 2 層有する二重トンネル構造 DTJ(Double Tunneling Junction)がある。2 層のバリアの存在により電圧が分散され、1 層のバリアしか持たない STJ(Single Tunneling Junction)より大幅に MR 比のバイアス電圧依存性が改善される。DTJ においては二つのバリア層に囲まれた中間部強磁性層を極端に極薄にすることで強磁性層を非連続とさせ、微粒子として二次元的に配列したナノ粒子二重トンネル接合構造とすることが出来、室温においても大きなクーロンギャップを得られるためこれを応用したスピン単電子デバイスの創生が期待される。ここでは連続的な中間磁性層を有する DTJ について MR 比のバイアス依存性を調べた。試料は超高真空スパッタを用いて作成した。上下強磁性層を固着し中間層をフリー層としデュアルピン構造の (Si/Si)Sub./(Ta/Cu)Buffer/IrMn(12)/Co₉₀Fe₁₀(3)/AlOx(1.1)/Co₉₀Fe₁₀(t)/AlOx(1.1)/Co₉₀Fe₁₀(3)/IrMn(12)/Ta(4nm)である。中間磁性層の膜厚 t は 0.7 ~ 6.0nm まで変化させた。図 1 は MR 比のバイアス電圧依存性を示す。図はゼロバイアス時の MR 比を 1 として規格化している。図には比較として下ピン構造の STJ も示している。STJ の MR 比は磁場中熱処理後、最高 44%を示した。DTJ では大幅にバイアス依存性が改善されている。STJ では MR 比が半減するバイアス電圧は 450 mV であったが DTJ では 880mV となり 2 倍に増大した。

【図】

図 1 MR 比のバイアス電圧依存性



出典:「スピン二重トンネル接合の磁気抵抗効果」,「日本金属学会誌 68 巻 2 号」, 2004 年 2 月 20 日、手束展規、猪俣浩一郎、杉本諭著、社団法人日本金属学会発行、75 頁 Fig.2 Bias voltage dependence of normalized MR ratios for both the DTJ (6nm, solid line) and the STJ (dashed line).

【出典 / 参考資料】

「スピン二重トンネル接合の磁気抵抗効果」,「日本金属学会誌 68 巻 2 号」, 2004 年 2 月 20 日、手束展規、猪俣浩一郎、杉本諭著、社団法人日本金属学会発行、74 - 77 頁