

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 1 エピタキシャル成長させた Fe/MgO/Fe/Co トンネル接合

【技術内容】

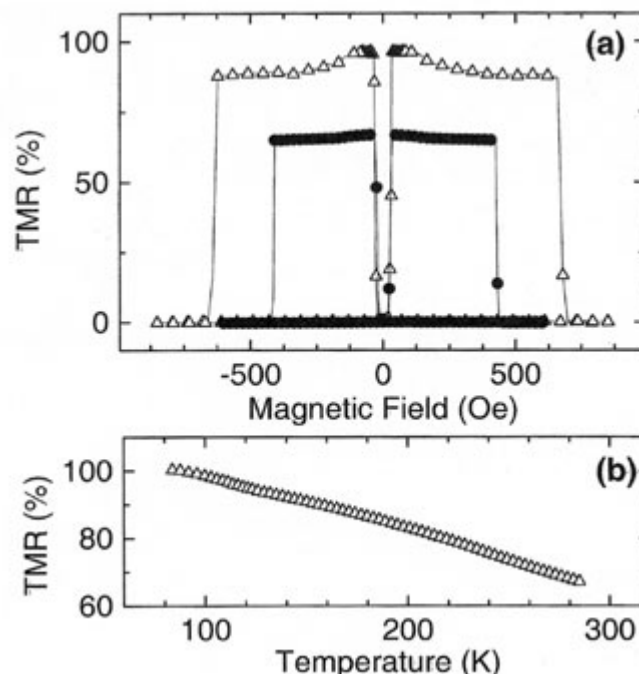
MBE (分子線エピタクシー) 法により MgO 基板の上にエピタキシャルに成長させた Fe/MgO/Fe/Co トンネル接合の TMR 特性を測定した。MgO 基板を 500 °C、20 分焼鈍したのち 50nm 厚の Fe を室温で堆積させ 450 °C、15 分焼鈍し、引き続き MgO を電子銃を用いて室温で堆積する。第 2 の磁性電極は MgO バリアの上にエピタキシャルに成長させた 5nm 厚の Fe と 50nm の Co 層で、その上を 10nm の Au 層でキャップする。成膜後 UV リソとオージェ電子分光によりその場 (in situ) で制御する Ar イオンエッチングを用いて MTJ を形成した。形成した MTJ は RF スパッタにより SiO₂ 層で保護している。

図 1(a)は 65X95 μm^2 の MgO(100)/Fe/MgO-2.5nm/Fe/Co/Au 接合の TMR を低温 (LT = 80K) および室温 (RT = 293K) で測定した結果を示している。バイアス電圧は 10mV で、底面の Fe 電極を + バイアスとし 2 点法で測定した。正で飽和している状態から磁場を下げていき磁場が反対方向になってから約 40 Oe の点で抵抗が急増する。これはソフト層の磁化が反転して平行状態から反平行状態になったことに対応している。反平行状態は 400 Oe (RT) あるいは 600 Oe (LT) まで保たれ、その後ハード層の磁化反転にともない平行状態になり低抵抗状態に戻る。

図 1(b)は測定された抵抗からトンネル接合部以外の抵抗を差し引いて計算した TMR の温度依存性を示しており、TMR は LT (80K) で 100%、RT (293K) で 67%に達した。

【図】

図 1 (a) 65x95 μm^2 の MgO(100)/Fe/MgO-2.5nm/Fe/Co/Au 接合の 80 K (---) および 293 K (-●-) における TMR と磁場の関係 ; (b) バイアス電圧 10mV における TMR の温度依存性。



出典 : 「High tunnel magnetoresistance in epitaxial Fe/MgO/Fe tunnel junctions」, 「Appl. Phys. Lett. Vol.82 No.25」, 2003 年 6 月 23 日、FAURE-VINCENT J、TIUSAN C、JOUQUELET E、CANET F、SAJIEDDINE M、BELLOUARD C、POPOVA E、HEHN M、MONTAIGNE F 著、American Institute of Physics 発行、4508 頁 Fig.1. (a) TMR of a 65x95 μm^2 large MgO(100)/Fe/MgO-2.5nm/Fe/Co/Au junction at 80 K (---) and 293 K (-●-). The measurements are performed along the easy axis, the junction being

biased at 10 mV. (b) Variation of TMR at 10 mV with temperature.

【出典 / 参考資料】

「High tunnel magnetoresistance in epitaxial Fe/MgO/Fe tunnel junctions」, 「Appl. Phys. Lett Vol.82 No.25」, 2003 年 6 月 23 日、FAURE-VINCENT J、TIUSAN C、JOUQUELET E、CANET F、SAJIEDDINE M、BELLOUARD C、POPOVA E、HEHN M、MONTAIGNE F 著、American Institute of Physics 発行、4507-4509 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 2 エピタキシャル成長させた NiFe を下部電極とする TMR

【技術内容】

エピタキシャル成長させた NiFe (111)を強磁性下部電極として用い、Al-O をバリア層とした MTJ を作成しその TMR 特性を評価した。層構成は Si(111)/ epitaxial Ag 3nm /epitaxial Cu (50 および 100 nm) / epitaxial Ni₈₀Fe₂₀ 50nm/ Al-O 1.6nm / Co₇₅Fe₂₅ 4nm / Ir₂₂Mn₇₈ 20nm / Ni₈₀Fe₂₀ 20nm /Ta 5nm とし、Cu 層厚を変えたサンプルを 2 種類(100nm をサンプル A、50nm をサンプル B とした)作成した。

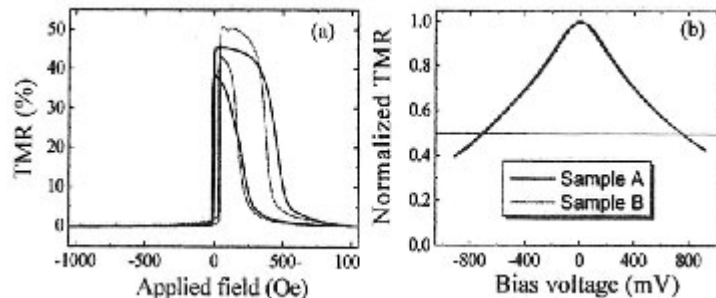
全ての層はベース圧力 1×10^{-6} Pa の ICP (inductively coupled plasma assisted) - マグネトロンスパッタ装置を用いて真空を維持したまま形成した。Ag、Cu 層はバッファ層であり、X 線回折により Cu および NiFe 電極がエピタキシャルに形成されていることを確認した。

図 1(a)に室温下、直流 4 端子法によりバイアス電圧 1mV で測定した、サンプル A と B の TMR - 磁場曲線を示す。TMR 比はサンプル A および B でそれぞれ 45.5% および 50.7%、抵抗面積積は 3.1×10^5 および $5.5 \times 10^5 \Omega \mu\text{m}^2$ であった。

図 1 (b)に正規化した TMR のバイアス電圧依存性を示す。バイアス電圧依存性はサンプル A と B とでほとんど同じであり、TMR が 0 バイアス時の半分になるバイアス電圧は + 750mV および - 700mV と従来の MTJ より大幅に高かった。

【図】

図 1 室温下で測定したサンプル A と B の(a) TMR - 磁場曲線および(b)正規化 TMR - dc バイアス電圧曲線。



出典 : 「Electron transport properties in magnetic tunnel junctions with epitaxial NiFe (111) ferromagnetic bottom electrodes」, 「Appl. Phys. Lett Vol.82 No.26」, 2003 年 6 月 30 日、YU J H、LEE H M、ANDO Y、MIYAZAKI T 著、American Institute of Physics 発行、4736 頁、Fig.2. (a) TMR-applied magnetic field curves and (b) normalized TMR-dc bias voltage curves measured at RT for samples A and B.

【出典 / 参考資料】

「Electron transport properties in magnetic tunnel junctions with epitaxial NiFe (111) ferromagnetic bottom electrodes」, 「Appl. Phys. Lett Vol.82 No.26」, 2003 年 6 月 30 日、YU J H、LEE H M、ANDO Y、MIYAZAKI T 著、American Institute of Physics 発行、4735-4737 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 3 エピタキシャルタイプ接合 - fcc (111) 高配向性多結晶

【技術内容】

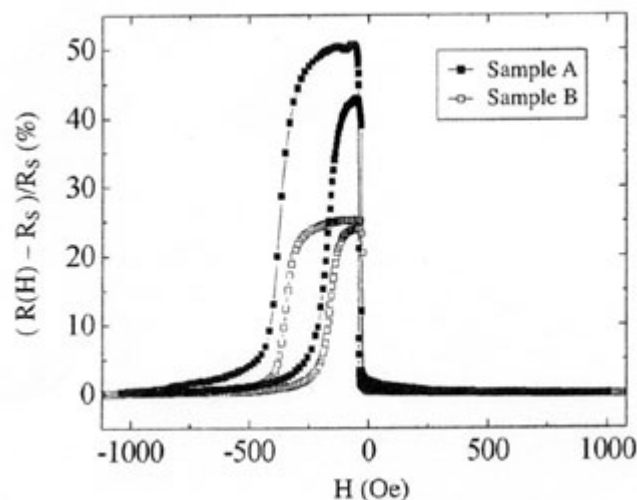
Ni₈₀Fe₂₀(以下 NiFe)を下部電極として用い、Al-O をバリア層とした MTJ の TMR 特性について、エピタキシャル成長させた NiFe (111)を下部電極として用いた場合 (サンプル A) と、多結晶 NiFe を下部電極として用いた場合 (サンプル B) について比較評価した。サンプル A の層構成は Si (111)/ Ag 3nm / Cu 50 nm / NiFe 50nm/ Al-O / Co₇₅Fe₂₅ 4nm / IrMn 20nm / NiFe 20nm / であり、サンプル B では、Si (111)/ Ag 3nm / Cu 50 nm に代えて Si 熱酸化膜/ Ta 3nm/ Cu 20 nm を使った。積層した薄膜はフォトリソグラフィと Ar エッチングにより数 μm^2 のパターンに加工した。

X 線回折によりサンプル A の下部電極は Cu および NiFe 電極がエピタキシャルに形成されていることを確認した。Si の熱酸化膜上に成長させたサンプル B の下部電極は fcc (111) を優先方向とする配向性を持つ多結晶であった。

析出したままの状態での TMR 比はサンプル A で 32%、サンプル B で 8%であった。250 °C でアニールした後の TMR 曲線を図 1 に示す。サンプル A とサンプル B の抵抗 - 面積積はそれぞれ 5.5×10^5 および $3.2 \times 10^5 \Omega \mu\text{m}^2$ であった。また、サンプル A の TMR 比はサンプル B (27%) の約倍で 51% であった。

【図】

図 1 250 °C にてアニール後の TMR 曲線。



出典:「Magnetic tunnel junctions with high magnetoresistance and small bias voltage dependence using epitaxial NiFe(111) ferromagnetic bottom electrodes」,「J. Appl. Phys. Vol.93 No.10」, 2003 年 5 月 15 日、J. H. Yu、H. M. Lee、M. Hayashi、M. Oogane、T. Daibou、N. Nakamura、H. Kubota、Y. Ando、T. Miyazaki 著、American Institute of Physics 発行、8556 頁 Fig.2. TMR curves measured at RT for sample A and B after annealing at 250 °C.

【出典 / 参考資料】

「Magnetic tunnel junctions with high magnetoresistance and small bias voltage dependence using epitaxial NiFe(111) ferromagnetic bottom electrodes」,「J. Appl. Phys. Vol.93 No.10」, 2003 年 5 月 15 日、J. H. Yu、H. M. Lee、M. Hayashi、M. Oogane、T. Daibou、N. Nakamura、H. Kubota、Y. Ando、T. Miyazaki 著、American Institute of Physics 発行、8555-8557 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 4 下部電極 Fe 単結晶薄膜方位依存性

【技術内容】

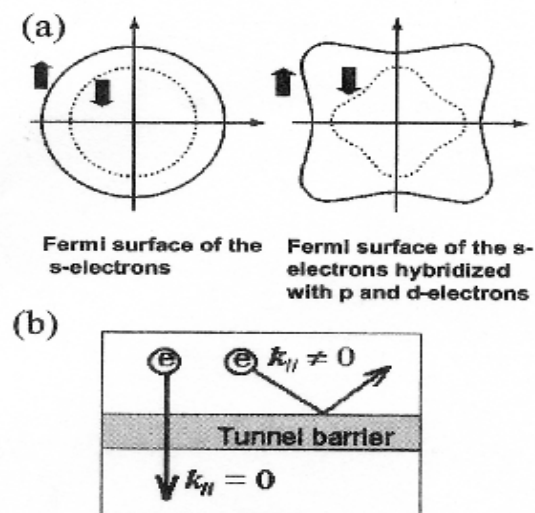
トンネルバリアには主としてアモルファス AlO_x が用いられるが、そのトンネル過程での運動量保存が明らかではない。電子状態に直接関係する情報を得るには、電子状態が規定された単結晶で薄い電極を作れば電極中に量子井戸順位が生成されると考えられ、電極中の電子状態を制御できると考えられる。種々の結晶方位の単結晶 Fe 電極をもつ強磁性トンネル接合を作成して TMR 効果の結晶方位依存性を調査し、また薄い単結晶電極をもった TMR 素子における強磁性トンネル接合における量子サイズ効果を観測した。

図 1 (a) に示すように 3 d 遷移金属のフェルミ面は結晶方位に対して異方的な形状をしている。トンネル伝導は電極の結晶方位を反映するはずである。さらにトンネル接合においてはトンネルバリアに入射する電子のトンネル効果は図 1 (b) に示すように電極 / バリア間に凹凸があるとトンネル確率が阻害されるので平滑な界面が必要である。

図 2 は下部電極を Fe (001) (110) (112) 単結晶、トンネルバリアをアモルファス AlO_x 、上部電極を FeCo 多結晶膜とした TMR 素子の磁気抵抗を測定したものである。下部電極の単結晶格子と下部電極 / トンネルバリア界面の原子層レベルは平滑である。TMR 比は明確な結晶方位依存性を示す。(112) を用いた場合 45% と大きい。(001) では 10% 前後である。以上の結果などから TMR は電極の電子状態をしていることがわかり電子状態の制御が TMR 素子の性能向上に寄与することが示された。

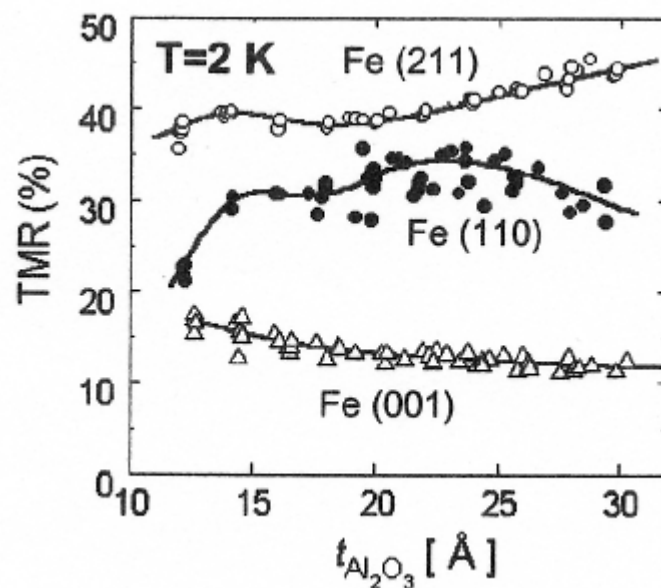
【図】

図 1 3 d 遷移金属のフェルミ面および forward focusing 効果



出典：「単結晶電極をもつ強磁性トンネル接合のトンネル磁気抵抗効果」, 「日本応用磁気学会誌 Vol.27 No. 1」, 2003 年 1 月 1 日、長浜太郎、湯浅新治、鈴木義茂、田村英一著、社団法人日本応用磁気学会発行、15 頁 Fig. 1 (a) Fermi surface of spin-polarized electrons. For the s-orbital hybridized with p and d-electrons, the density of states is orientation-dependent according to its asymmetry. (b) The electrons with a wave vector k normal to the tunnel barrier ($k_{||}=0$) have the highest tunneling probability: this is the so-called forward focusing effect.

図 2 磁気抵抗



出典：「単結晶電極をもつ強磁性トンネル接合のトンネル磁気抵抗効果」,「日本応用磁気学会誌 Vol.27 No.1」, 2003年1月1日、長浜太郎、湯浅新治、鈴木義茂、田村英一著、社団法人日本応用磁気学会発行、16頁 Fig.3 Dependence of the TMR effect on the crystallographic orientation of Fe (at 2 K). The upper electrode is made of FeCo alloy with a (110) preferential orientation. The lower electrode is single-crystal Fe(112), (110), or (001).

【出典 / 参考資料】

「単結晶電極をもつ強磁性トンネル接合のトンネル磁気抵抗効果」,「日本応用磁気学会誌 Vol.27 No.1」, 2003年1月1日、長浜太郎、湯浅新治、鈴木義茂、田村英一著、社団法人日本応用磁気学会発行、14 - 20頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 5 擬スピバルブ構造

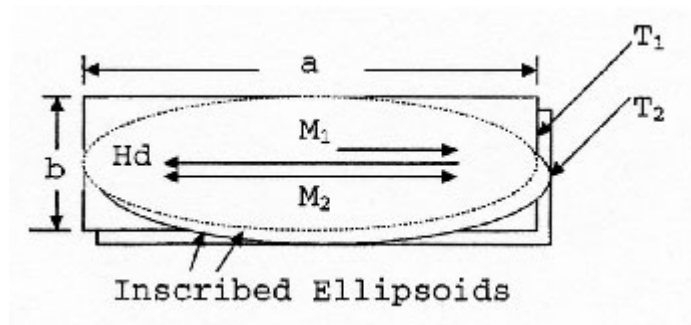
【技術内容】

図1は擬スピバルブ (PSV : pseudospin valve) の構造を示している。PSV は、二つの層は異なった磁気モーメントを持つ。一定以下の磁場では強い磁気モーメントを持つ層は磁化が固定し (ハード層) もう一方の層が磁場により反転できる (ソフト層)。形状異方性を利用することによりハード層に二つのエネルギー状態を “1” および “0” のデータとして記憶できる。PSV の考え方は二つの磁性層の間に導体を置く GMR 構造にも、トンネル膜を置く SDT (Spin dependant tunneling) 構造にも応用できる。この構造は、休止状態において、二つの層の磁化 (M_1 と M_2) は反平行になり、小さな自己消磁磁場と浮遊磁場を作り、これらの磁場が素子の安定性に寄与する。

PSV で構成した GMR 素子は、5-6% の GMR を示す。10.2 μm $\times$ 0.5 μm のセルを 12000G の磁化を持つ材料で厚さ 25 と 30 の膜で構成したとき、40 Oe の磁場でソフト層は反転するがハード層は反転しない (ハード層は 100 Oe で完全に反転する)。データを読み出すためには、ソフト層のみが反転する正の 40 Oe の磁場を与え、その後負の 40 Oe の磁場によりソフト層を反転させて両者の抵抗の差を信号として取り出す。読み出しを 2 サイクルで行うことにより “1” を +5-6% として、“0” を -5-6% として読み出せる。

【図】

図1 厚さ T_1 、 T_2 で、それぞれ磁化 M_1 、 M_2 の薄膜で構成される擬スピバルブ。より強固な磁性を持つほうがデータを蓄え、ソフトな膜の磁化は 2 サイクル読み出しのとき反転させられる。外部磁場が無いとき、2 つの膜の磁化は反平行になっている。



出典：「Magnetic tunneling applied to memory」, 「J. Appl. Phys. Vol.81 No.8」, 1997 年 4 月 15 日、J. M. Daughton 著、American Institute of Physics 発行、3759 頁 Fig.1. Pseudospin valve (PSV) memory cell with two thin films of thicknesses T_1 and T_2 and moments M_1 and M_2 . The stiffer of the two films store data, and the softer is reversed during a two cycle read operation. With no external fields, the magnetization are antiparallel.

【出典 / 参考資料】

「Magnetic tunneling applied to memory」, 「J. Appl. Phys. Vol.81 No.8」, 1997 年 4 月 15 日、J. M. Daughton 著、American Institute of Physics 発行、3758-3763 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 6 擬スピナルブ構造を用いたメモリ素子

【技術内容】

擬スピナルブ構造を用いたメモリ素子を、異なる厚さの2つの磁性層 NiFeCo/ CoFe と、その間の中間層として Cu を用いて作製した。サブミクロン幅の素子では、2つの磁性層の厚さの違いが異なるスイッチング磁場をもたらす。

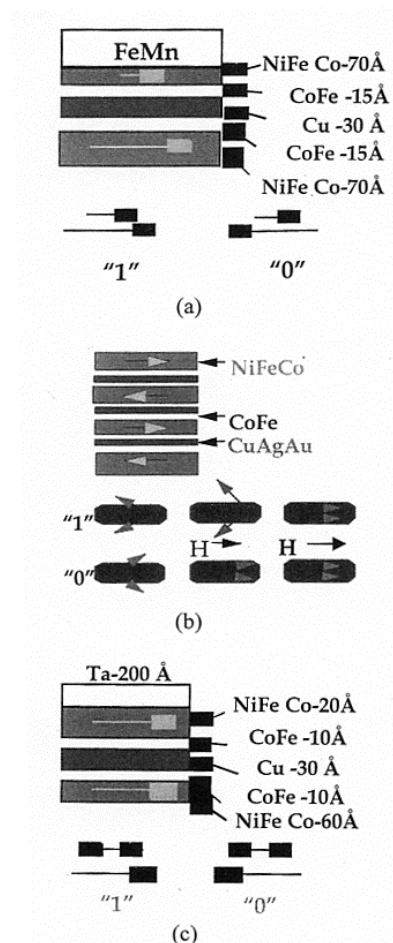
図 1(a)は、スピナルブ磁性材料の構造とメモリ状態を示す。一方の磁性層は固定分極を有し、他方の磁性層はフリーである。両分極が平行ならばセル抵抗は低く、反平行ならば高くなって、メモリ状態“1”および“0”を表す。

図 1(b)は、反磁性結合多層膜の場合で、幅 > 2 μm という広いストライプ状の素子では、三角形形状の抵抗 (R) 磁場 (H) 特性 (R-H) を示し、履歴曲線にはならない。それを、0.2 μm というサブミクロン幅のストライプにすると、リボン結び型の R-H 特性に変わり、履歴曲線を示す。上昇磁場と下降磁場とで抵抗のピーク位置が異なり、メモリ素子として用いることができる。

弱結合の強磁性膜では、対称層構造の場合は、サブミクロン幅にしても R-H 曲線は履歴特性を示さない。しかし、図 1(c)のように、2つの磁性膜の厚さを変えた非対称構造にすると、リボン結び型の履歴特性を示すようになり、擬スピナルブとなる。

【図】

図 1 磁性材料の構造とメモリ状態：(a)スピナルブ、(b)反強磁性結合多層膜、(c)強磁性弱結合擬スピナルブ (SPV)



出典：「High density submicron magnetoresistive random access memory (invited)」, 「Journal of Applied Physics Vol.85 No.8」, 1999 年 4 月 15 日、S. Tehrani、E. Chen、M. Durlam、M. Deherrera、J. M. Slaughter、J. Shi、G.Kerszykowski 著、American Institute of Physics 発行、5823 頁 Fig.1 Magnetic material structures and memory states for (a) spin valve, (b) antiferromagnetically coupled multilayer, and (c) weakly ferromagnetically coupled pseudospin valve (PSV).

【出典 / 参考資料】

「High density submicron magnetoresistive random access memory (invited)」, 「Journal of Applied Physics Vol.85 No.8」, 1999 年 4 月 15 日、S. Tehrani、E. Chen、M. Durlam、M. Deherrera、J. M. Slaughter、J. Shi、G.Kerszykowski 著、American Institute of Physics 発行、5822 - 5827 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 7 二重トンネル接合構造の TMR 特性

【技術内容】

MTJ セルの高抵抗化と高 TMR を目的に Al_2O_3 トンネルバリア層の中間に分散した CoPt ナノ粒子層を置く二重トンネル接合構造を提案し、試作してその TMR 特性を調査した。

層構成は $(\text{Fe}/\text{CoPt})/1.5\text{ nm Al}_2\text{O}_3/\text{discontinuous CoPt}/2.6\text{ nm Al}_2\text{O}_3/\text{Co}_9\text{Fe}$ であり、熱酸化した Si 基板に下部電極、 Al_2O_3 を成膜しその上に、 Al_2O_3 と CoPt を交互にスパッタすることにより分散した CoPt ナノ粒子層を形成した。さらに Al_2O_3 と上部電極を成膜して MTJ セルを形成する。

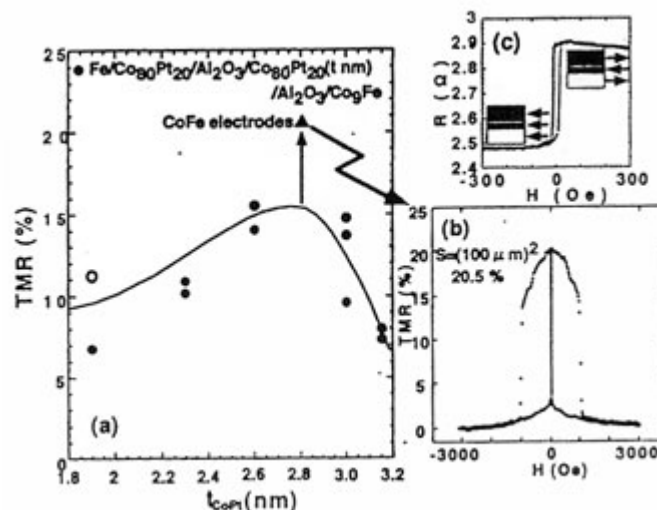
図 1 (a) に二重トンネル接合の TMR を discontinuous CoPt の膜厚 (t_{CoPt}) の関数として示す。TMR は t_{CoPt} が 2.6nm のとき最大値 15.6%を示す。上部電極 Co_9Fe をよりソフトな $\text{Co}_9\text{Fe}/\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ に代えた場合 (図中の白丸) TMR は改善された。

上下の電極、 (Fe/CoPt) と Co_9Fe 、を CoFe に変えたとき $t_{\text{CoPt}} = 2.8\text{ nm}$ で TMR20.5%を得た。このサンプルの TMR 曲線を (b) および (c) に示す。従来高 TMR は Al メタルの酸化によるバリア膜により得られており、 Al_2O_3 のスパッタによるバリア膜で高 TMR が得られたことは注目される。

TMR が 0 バイアス時の半分になるバイアス電圧は二重トンネル接合の場合約 700mV で、単層のトンネル接合の 200-300mV と比べて有意に大きい (図 2)。バイアス電圧特性は、 Al_2O_3 バリア膜の成膜行程を改善することによりさらに改良されると期待できる。

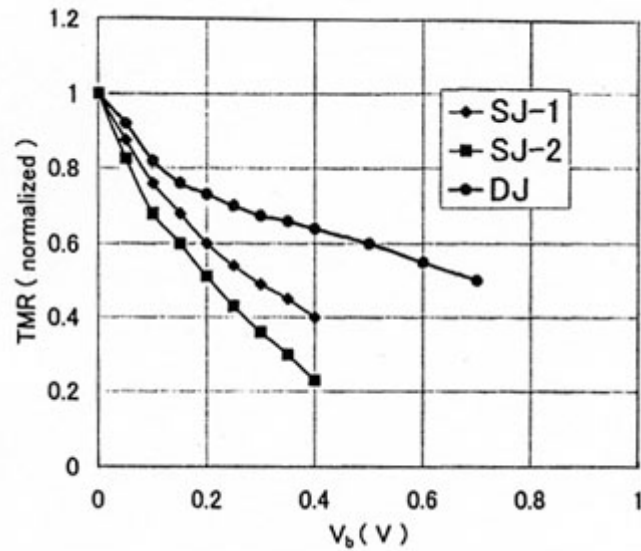
【図】

図 1 室温における discontinuous CoPt の膜厚 (t_{CoPt}) が $(\text{Fe}/\text{CoPt})/1.5\text{ nm Al}_2\text{O}_3/\text{discontinuous CoPt}/2.6\text{ nm Al}_2\text{O}_3/\text{Co}_9\text{Fe}$ 二重トンネル接合の TMR に及ぼす影響 (a) と上下の電極、 (Fe/CoPt) と Co_9Fe 、を CoFe に変えたときの TMR 曲線 (b) および磁場 - 抵抗曲線 (c)。白丸は上部電極として Co_9Fe の代わりに $\text{Co}_9\text{Fe}/\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ を使った場合。



出典:「Double tunnel junctions for magnetic random access memory devices」,「J. Appl. Phys. Vol.87 No.9」, 2000年5月1日、INOMATA K、SAITO Y、NAKJIMA K、SAGOI M 著、American Institute of Physics 発行、6065 頁 Fig.3 TMR at RT as a function of nominal CoPt thickness for $(\text{Fe}/\text{CoPt})/1.5\text{ nm Al}_2\text{O}_3/\text{discontinuous CoPt}/2.6\text{ nm Al}_2\text{O}_3/\text{Co}_9\text{Fe}$ double tunnel junctions. Open circle is for $\text{Co}_9\text{Fe}/\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ top electrode in place of Co_9Fe . The TMR value for CoFe top and bottom electrode are also shown as well as the TMR vs field curves.

図2 単層トンネル接合 CoPt/Al₂O₃/Co (SJ-1、-2) および二重トンネル接合(NiFe/CoFe/Al₂O₃/discontinuous CoPt/ Al₂O₃/(CoFe/NiFe) (DJ) の正規化 TMR 比のバイアス電圧依存性。



出典：「Double tunnel junctions for magnetic random access memory devices」, 「J. Appl. Phys. Vol.87 No.9」, 2000年5月1日、INOMATA K、SAITO Y、NAKJIMA K、SAGOI M 著、American Institute of Physics 発行、6066 頁 Fig.4. Bias voltage dependence of normalized TMR ratio for CoPt/Al₂O₃/Co (SJ-1-2) and (NiFe/CoFe/Al₂O₃/discontinuous CoPt/ Al₂O₃/(CoFe/NiFe)(DJ) single and double tunnel junctions, respectively.

【出典 / 参考資料】

「Double tunnel junctions for magnetic random access memory devices」, 「J. Appl. Phys. Vol.87 No.9」, 2000年5月1日、INOMATA K、SAITO Y、NAKJIMA K、SAGOI M 著、American Institute of Physics 発行、6064-6066 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 8 二重トンネル接合構造の断面 TEM

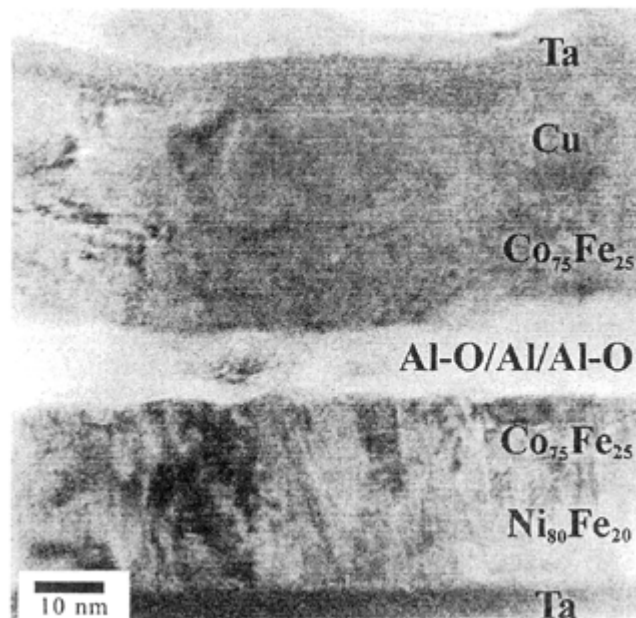
【技術内容】

強磁性二重トンネル接合のトンネルバリアの間に非磁性体 Al を挿入した接合の TMR 特性を調査した。ICP マグネトロンスパッタ法を用いて sub. (Si, SiO₂)/Ta(50)/Ni₈₀Fe₂₀(170)/Co₇₅Fe₂₅(48)/Al-Oxide/Al/Al-Oxide/Co₇₅Fe₂₅(150)/Cu(250)/Ta(50)多層膜を成膜した。絶縁層の形成は Al を成膜後、アルゴンガス圧を 0.08 Pa として作成した。図 1 に多層膜の断面 TEM 写真を示す。試料調整を空気中で行うため Al が酸化され、Al/Al-Oxide 界面を明確に観察するのは難しいが、未酸化 Al の痕跡が見られ、二重トンネル接合の形成を示唆している。

図 2 に二重トンネル接合の室温 TMR 特性を示す。TMR 比は Al 中間層が 40 のとき 8.5%であり、中間層の膜厚が 50、70、100 と増加するにつれ指数関数的に低下し、100 でほぼ消失する。

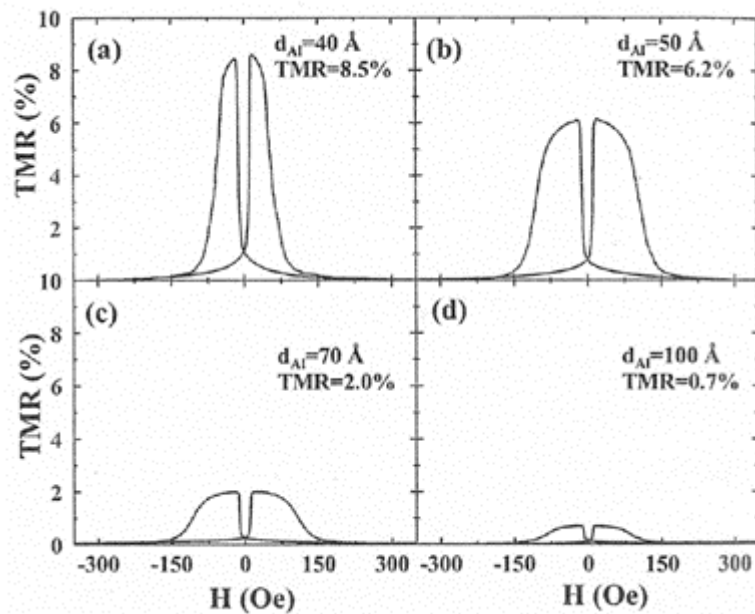
【図】

図 1 厚み 100 の金属 Al 中間層をもつ二重トンネル接合の断面 TEM 写真。



出典：「中間層に Al を用いた二重トンネル接合の磁気抵抗効果」,「日本応用磁気学会誌 Vol.25 No.4-2 論文特集号」, 2001 年 4 月 15 日、大坊忠臣、大兼幹彦、安藤康夫、C. Kim、O. Song、宮崎照宣著、社団法人日本応用磁気学会発行、768 頁 Fig.1 Cross-sectional TEM image of the double tunnel junction with 100- intermediate layer of metallic Al.

図 2 室温における二重トンネル接合の TMR (トンネル磁気抵抗) 曲線。Al 中間層の厚さは(a)40 , (b)50 , (c)70 , and(d)100 である。



出典：「中間層に Al を用いた二重トンネル接合の磁気抵抗効果」,「日本応用磁気学会誌 Vol.25 No.4-2 論文特集号」, 2001 年 4 月 15 日、大坊忠臣、大兼幹彦、安藤康夫、C. Kim、O. Song、宮崎照宣著、社団法人日本応用磁気学会発行、768 頁 Fig.2 TMR curves of double tunnel junctions at R.T. Thickness of the Al intermediate layer is (a)40 , (b)50 , (c)70 , and(d)100 .

【出典 / 参考資料】

「中間層に Al を用いた二重トンネル接合の磁気抵抗効果」,「日本応用磁気学会誌 Vol.25 No.4-2 論文特集号」, 2001 年 4 月 15 日、大坊忠臣、大兼幹彦、安藤康夫、C. Kim、O. Song、宮崎照宣著、社団法人日本応用磁気学会発行、767 - 770 頁

【技術分類】 1 - 2 - 4 MRAM / TMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112; H01L43/08@D

【技術名称】 1 - 2 - 4 - 9 二重トンネル接合の構成

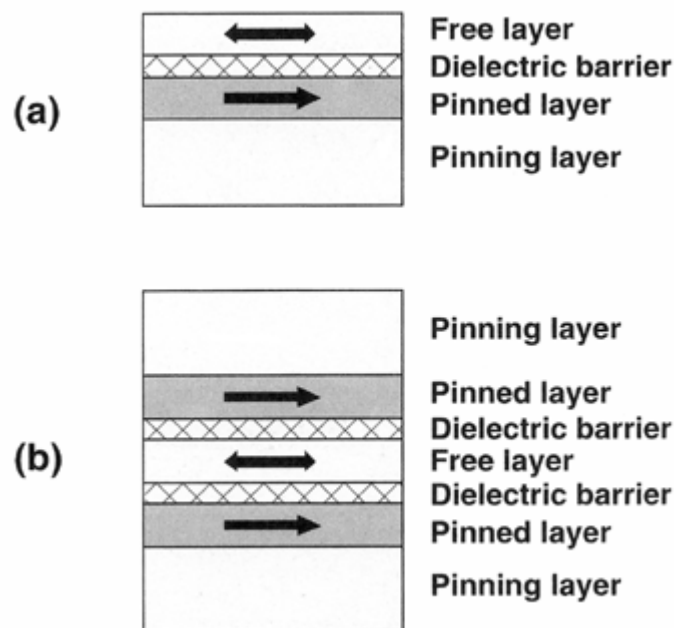
【技術内容】

高集積 MRAM 得るためには動作電圧での低い磁気抵抗比 (MR) のために読み込みマージンが小さいことが大きな問題となる。MR は $(R_A - R_P) / R_P$ で表される。 R_P と R_A はフリー層の抵抗がピン層に対して平行な場合と反平行な場合の抵抗値である。付加電圧が増加するにつれて MR は減少するので読み込みマージンを得るためには小さな電圧依存性が必要となる。このために二重磁気トンネル接合 (MTJ) の適用が提案されている。

図 1 (a) は通常の MTJ を (b) は二重 MTJ を示す。通常の MTJ はふたつの磁気層が絶縁体で分離されている。下部磁気層はピン層と呼ばれ pinning layer である反強磁性の上に形成される。上の層はフリー層と呼ばれ極の方向は外部磁場によって決定される。二重 MTJ はひとつのフリー層、二つの絶縁体、二つのピン層および二つの pinning layer で構成されフリー層が真ん中に配置される。

【図】

図 1 通常の磁気トンネル接合素子(a)と二重磁気トンネル接合素子(b)



出典 : 「A Fully Integrated 1 kb Magnetoresistive Random Access Memory with a Double Magnetic Tunnel Junction」, 「Japanese Journal of Applied Physics Vol.42 No.7A Part2」, 2003 年 7 月 1 日、IKEGAWA S、SAITO Y、TAKAHASHI S、KAI T、YODA H、ASAO Y、TSUCHIDA K 著、社団法人応用物理学会発行、L745 頁 Fig.1 Structure of MTJs. (a) conventional magnetic tunnel junction; (b) double magnetic tunnel junction.

【出典 / 参考資料】

「A Fully Integrated 1 kb Magnetoresistive Random Access Memory with a Double Magnetic Tunnel Junction」, 「Japanese Journal of Applied Physics Vol.42 No.7A Part2」, 2003 年 7 月 1 日、IKEGAWA S、SAITO Y、TAKAHASHI S、KAI T、YODA H、ASAO Y、TSUCHIDA K 著、社団法人応用物理学会発行、L745 - L747 頁