

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 1 スピンバルブ素子を用いたメモリ素子 - 半硬質磁性膜

【技術内容】

スピンバルブメモリ素子の動作原理を図 1 に示す。メモリ素子は、情報を記録する半硬質磁性膜と軟質磁性膜および両者の間に置かれる非磁性膜で構成されるスピンバルブ膜の上に絶縁層を介しておかれる導体層からなる。情報の記録は導体層に電流を流し半硬質磁性膜の磁化を反転させることにより行われ、電流の向きを変えて磁化の方向を変えることにより 0 と 1 を記録する。情報の再生は、スピンバルブ膜に定電流を流しながら、導体に、半硬質磁性膜の磁化を反転させることなく軟質磁性膜の磁化を反転できるだけの電流を流すことにより行う。導体に流す電流の向きを変えてスピンバルブ膜の電圧を比較することにより 0 と 1 を読み出すことが出来る。

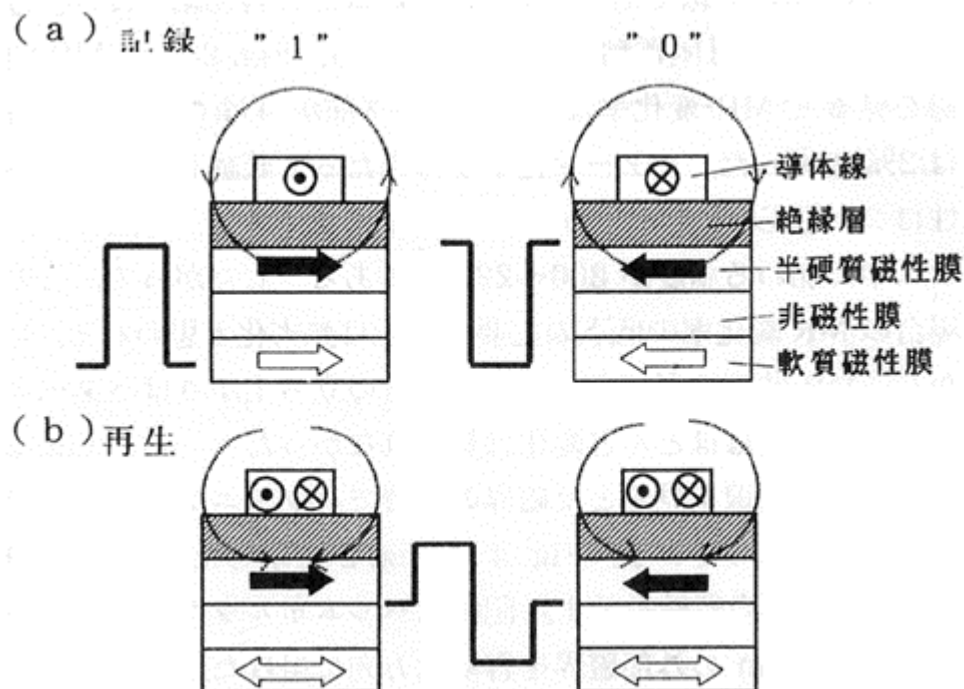
半硬質磁性膜としてCoPtを用いた $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{10}\text{Co}_{10}(7.4\text{nm})/\text{Cu}(2.3\text{nm})/\text{Co}_{75}\text{Pt}_{25}(3\text{nm})/\text{Cu}(2\text{nm})]$ と、半硬質磁性膜としてCoを用いた $[\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}(10\text{nm})/\text{Cu}(4\text{nm})/\text{Co}(10\text{nm})]$ を作成した。素子部の大きさは、5、10、20  $\mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$  の 3 種類であり、Cr(30nm)/Au(200nm)膜で巾 60  $\mu\text{m}$  の導体を絶縁層(1  $\mu\text{m}$  のレジスト)を介して形成した。

半硬質磁性膜として CoPt を用いたスピンバルブ膜の場合 MR 変化率はパターニング前が 4% でパターン後は 2% であった。記録を外部磁場で行い、再生を導体に  $\pm 100\text{mA}$  (500Hz) 流して正常に読み出すことが出来ることを確認した。

半硬質磁性膜としてCoを用いたスピンバルブ膜の場合、導体線に 3000mA 流して記録し、 $\pm 80\text{mA}$  (500Hz) 流して正常に読み出すことが出来ることを確認した。また、読み出しは  $4 \times 10^7$  回の連続読み出し後も正常であった。

【図】

図 1 提案されたスピンバルブメモリ素子の動作原理



出典:「スピンバルブ膜を用いたメモリ素子」日本応用磁気学会誌 Vol.20 No.2、1996 年 4 月 1 日、入江庸介、榎間博、里見三男、川分康博著、社団法人日本応用磁気学会発行、405 頁 Fig.1  
Operation principle of the proposed spin valve memory

【出典／参考資料】

「スピバルブ膜を用いたメモリ素子」 「日本応用磁気学会誌 Vol.20 No.2」, 1996 年 4 月 1 日、  
入江庸介、榊間博、里見三男、川分康博著、社団法人日本応用磁気学会発行、405 - 408 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 2 スピンバルブの膜に垂直な方向の MR - NiMnSb/Cu/NiMnSb/FeMn

【技術内容】

ホイスラー合金を使った GMR の通常計られている膜に平行な電流 (CIP : current in plane) による磁気抵抗変化率の実測値は 1-3% と低い。膜に垂直な方向に電流 (CPP : current perpendicular to the plane) を流したとき、ホイスラー合金を使ったスピンバルブは、少なくとも原理的には、隣り合う層が逆方向に完全に磁化されていれば低温で絶縁層になるはずである。

Nb 成膜層の上に形成した NiMnSb/Cu/NiMnSb/FeMn の形のスピンバルブの 4.2K における CPP-MR を各種の成膜条件のものについて比較した。

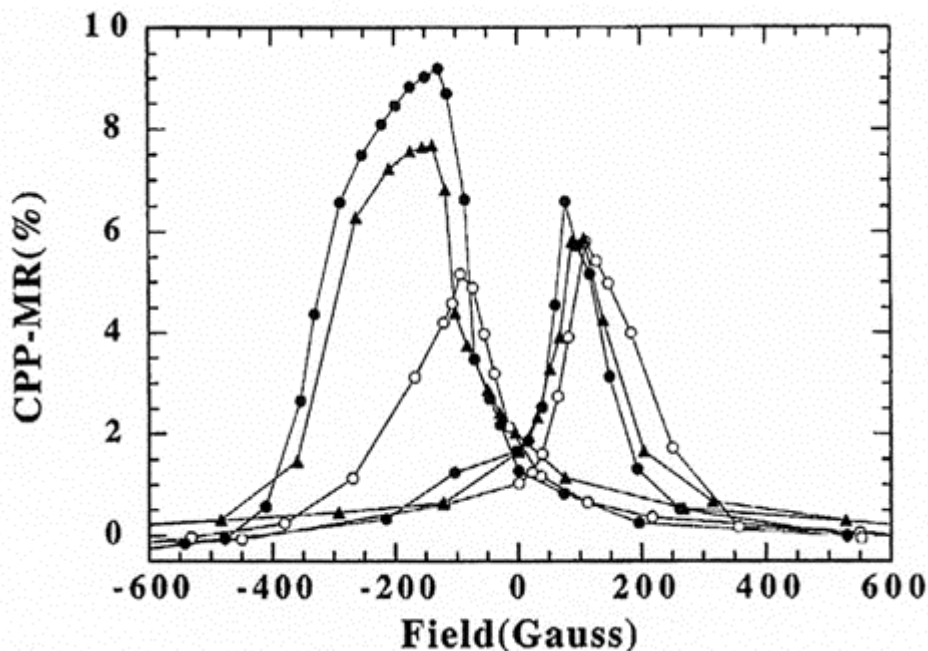
図 1 は Nb の成膜温度の影響を示しており、60 と 150 とでは大きく変わらないが 60 から 20 では変化が大きい。

図 2 は Nb の成膜温度を 150 に固定して、Cu の成膜温度を 250、150 あるいは 80 に変化させた。成膜温度 150 のとき最大の CPP-MR が得られた。

図 3 は、Cu 層の膜厚を固定し、他の層の膜厚を変化させた場合を示している。全体として膜厚の影響は小さく、NiMnSb 膜のスピン拡散長は少なくとも 100-200 であると想定される。

【図】

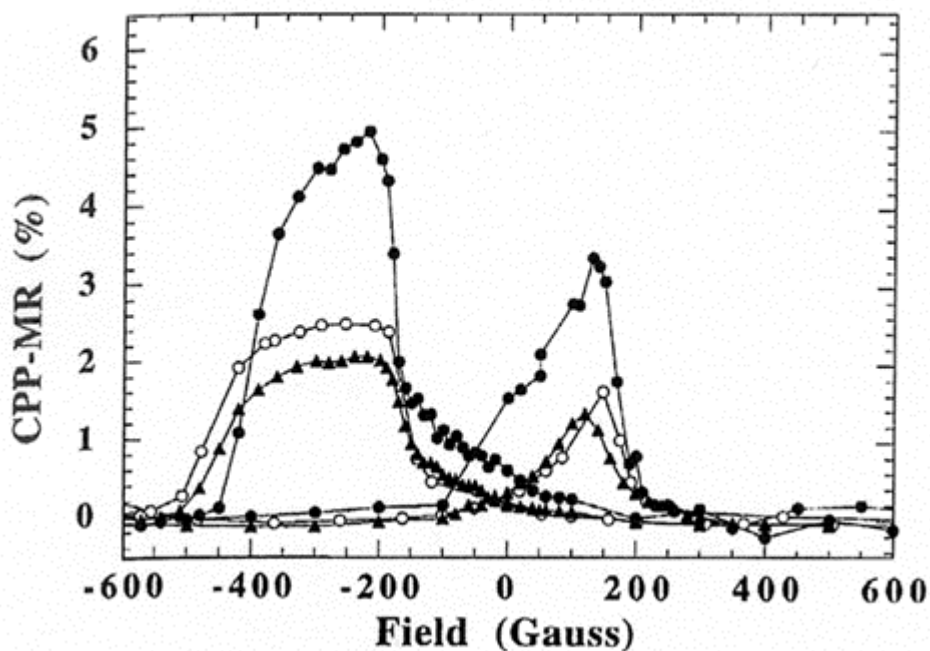
図 1 20 (白丸)、60 (黒丸)、150 (黒三角) で成膜した Nb 電極上の NiMnSb(200 )/Cu(150 )/NiMnSb(100 )/FeMn(100 ) スピンバルブの 4.2K における CPP-MR



出典:「Effect of deposition parameters on the CPP-GMR of NiMnSb-based spin-valve structures」,  
「J. Magnetism and Magnetic Materials. Vol.198-199」, 1999 年 6 月 1 日、J.A. Caballero、A.C. Reilly、Y. Hao、Bass、W.P. Pratt Jr.、F. Petroff、J.R. Childress 著 Elsevier Science B.V. 発行、56 頁 Fig.1 CPP-MR at 4.2K for NiMnSb(200 )/Cu(150 )/NiMnSb(100 )/FeMn(100 ) spin valves with bottom Nb strips deposited at 20 (open circle), 60 (filled circles), and 150 (filled triangles).

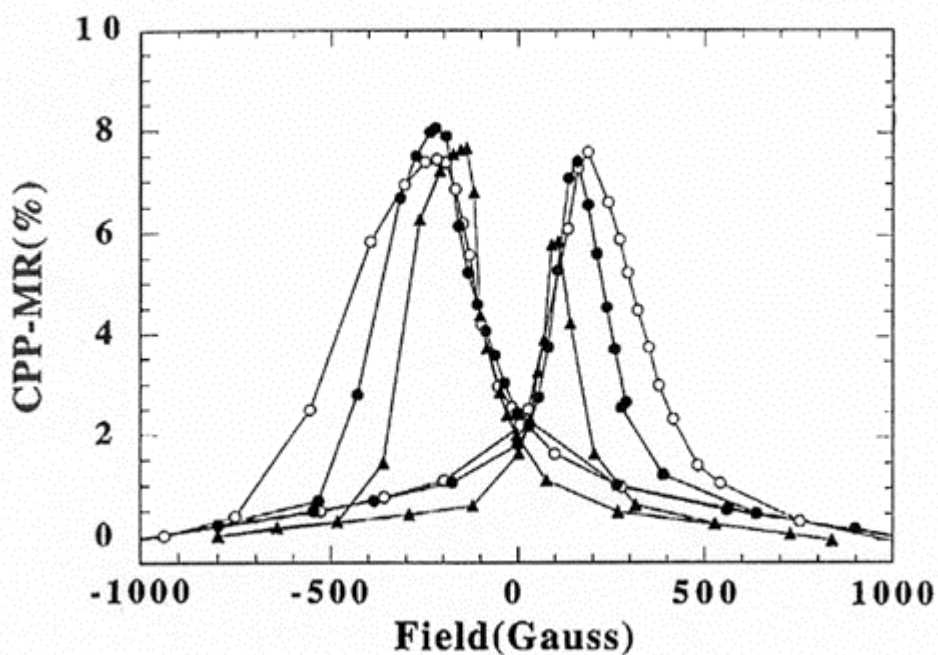
図 2 Cu の堆積温度を 250 (白丸)、150 (黒丸)、80 (黒三角) に変えたときの NiMnSb(200

) / Cu(150 ) / NiMnSb(100 ) / FeMn(100 ) スピンバルブの 4.2K における CPP-MR



出典:「Effect of deposition parameters on the CPP-GMR of NiMnSb-based spin-valve structures」,  
「J. Magnetism and Magnetic Materials. Vol.198-199」, 1999 年 6 月 1 日、J.A. Caballero、A.C.  
Reilly、Y. Hao、J. Bass、W.P. Pratt Jr.、F. Petroff、J.R. Childress 著 Elsevier Science B.V.  
発行、57 頁 Fig.2 CPP-MR at 4.2K for NiMnSb(200 ) / Cu(150 ) / NiMnSb(100 ) / FeMn(100 ) spin  
valves with Cu spacers deposited at 250 (open circle), 150 (filled circles), and 80 (filled  
triangles).

図 3 各層の堆積厚み(X)を 25 (白丸)、50 (黒丸)、100 (黒三角)に変えたときの  
NiMnSb(2X) / Cu(150 ) / NiMnSb(X) / FeMn(X) スピンバルブの 4.2K における CPP-MR



出典:「Effect of deposition parameters on the CPP-GMR of NiMnSb-based spin-valve structures」,

「J. Magnetism and Magnetic Materials. Vol.198-199」, 1999 年 6 月 1 日、J.A. Caballero、A.C. Reilly、Y. Hao、J. Bass、W.P. Pratt Jr.、F. Petroff、J.R. Childress 著 Elsevier Science B.V. 発行、57 頁 Fig.3 CPP-MR at 4.2K for NiMnSb(2X)/Cu(150 )/NiMnSb(X)/FeMn(X) spin valves with X= 25 (open circle), 50 (filled circles), and 100 (filled triangles).

【出典 / 参考資料】

「Effect of deposition parameters on the CPP-GMR of NiMnSb-based spin-valve structures」,  
「J. Magnetism and Magnetic Materials. Vol.198-199」, 1999 年 6 月 1 日、J.A. Caballero、A.C. Reilly、Y. Hao、J. Bass、W.P. Pratt Jr.、F. Petroff、J.R. Childress 著 Elsevier Science B.V. 発行、55 - 57 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 3 NiFe/Cu 超格子スピバルブ多層膜

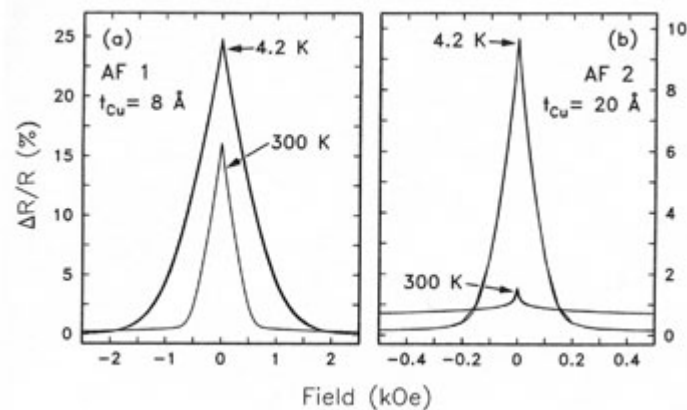
【技術内容】

[NiFe/Cu]<sub>N</sub>多層膜で巨大磁気抵抗を観測した。膜構成はSi(100)/ 50 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ [15 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ Cu(*t*<sub>Cu</sub>)]<sub>14</sub>/ 25 Ruで、マグネトロン・スパッタ法で作製した。電流および磁場を膜面内に相互に直交するように印加し、[15 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ Cu(*t*<sub>Cu</sub>)]<sub>14</sub>多層膜の抵抗を測定した。

図 1 に、4.2 Kおよび 300 Kで測定した抵抗の印加磁場依存性を示す。(a)はCu膜厚*t*<sub>Cu</sub> = 8 Å、(b)は 20 Åである。いずれもNi<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>薄膜に比べて、非常に大きな磁気抵抗を示す。8 Åの場合、300 Kでは、飽和磁場はわずか 600 Oeで、飽和磁気抵抗は 16%を超える。磁気抵抗の温度依存性は、薄いCu層では小さいが、厚いCu層ではきわめて大きい。

【図】

図 1 Si(100)/ 50 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ [15 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ Cu(*t*<sub>Cu</sub>)]<sub>14</sub>/ 25 Ru構成における[15 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ Cu(*t*<sub>Cu</sub>)]<sub>14</sub>多層膜の抵抗磁場曲線。(a) Cu膜厚*t*<sub>Cu</sub> = 8 Å、(b) 20 Å



出典：「Oscillations in giant magnetoresistance and antiferromagnetic coupling in [Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/Cu]<sub>N</sub> multilayers」, 「Applied Physics Letters Vol.60 No.4」, 1992 年 1 月 27 日、PARKIN S. S. P 著、American Institute of Physics 発行、513 頁 Fig.1 Resistance-vs-field curves at 4.2 and 300 K for two Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/Cu multilayers of the form Si(100)/ 50 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ [15 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/ Cu(*t*<sub>Cu</sub>)]<sub>14</sub>/ 25 Ru for *t*<sub>Cu</sub> = (a) 8 Å [sample (i)] and (b) 20 Å [sample (ii)]. These samples are described as (i) and (ii) in the text and represent typical data for samples corresponding to the first, AF1, and second, AF2, oscillation in saturation magnetoresistance shown in Fig. 2.

【出典 / 参考資料】

「Oscillations in giant magnetoresistance and antiferromagnetic coupling in [Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>/Cu]<sub>N</sub> multilayers」, 「Applied Physics Letters Vol.60 No.4」, 1992 年 1 月 27 日、PARKIN S. S. P. Parkin 著、American Institute of Physics 発行、512 - 514 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 4 磁性多層構造ナノワイヤ

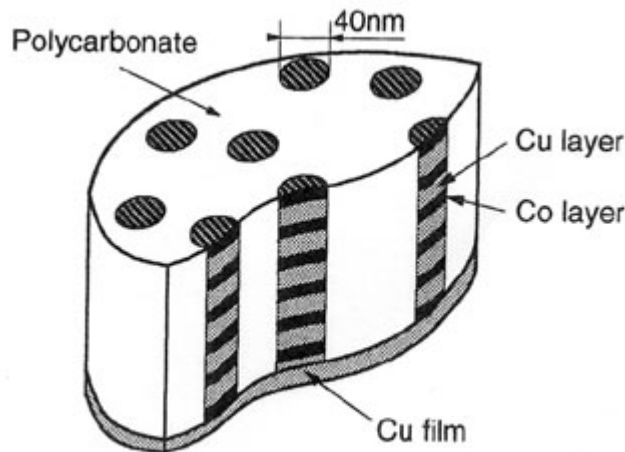
【技術内容】

鋳型絶縁ポリマー膜に開口したナノメートルサイズの孔に、電着によって磁性多層構造ナノワイヤを複数本、膜面に垂直に、かつ相互に絶縁して形成し、新しいタイプのナノ構造材料を作製した。この試料で、室温で巨大磁気抵抗 (GMR) を観測した。

図 1 に、この絶縁ポリマーマトリクス中のナノワイヤ多層膜アレイを模式的に示す。ポリマー膜にはポリカーボネートを用い、120 MeVで加速したAr<sup>9+</sup>イオンを照射後、化学エッチングして、平均直径40 nmの円筒状の孔を形成した。次に、ポリマー膜の一面に電極用のCu薄膜を蒸着した。多層膜の構造は[Co/Cu]<sub>N</sub>で、磁性イオンおよび非磁性イオンの両方を含む単一の硫酸塩浴から、通常の3電極電気化学電池によるパルス電着法を用いて形成した。

【図】

図 1 絶縁ポリマーマトリクス中のナノワイヤ多層膜アレイ



出典:「Giant magnetoresistance in magnetic multilayered nanowires」,「Applied Physics Letters Vol.65 No.19」, 1994年11月7日、L. Piraux、J. M. George、J. F. Despres、C. Leroy、E. Ferain、R. Legras、K. Ounadjela、A. Fert 著、American Institute of Physics 発行、2484 頁 Fig.1 Schematic representation of the array of nanowires multilayers in the insulating polymer matrix.

【出典 / 参考資料】

「Giant magnetoresistance in magnetic multilayered nanowires」,「Applied Physics Letters Vol.65 No.19」, 1994年11月7日、L. Piraux、J. M. George、J. F. Despres、C. Leroy、E. Ferain、R. Legras、K. Ounadjela、A. Fert 著、American Institute of Physics 発行、2484 - 2486 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 5 Co、Co-Pt、あるいは Co-Fe を強磁性層として用いた HM - スピンバルブ多層膜

#### 【技術内容】

筆者らが提案している HM (hard magnetic) 層を使ったスピンバルブを応用した MRAM について、ハードマグネット層として CoPt、CoFe および Co を、ソフトマグネットとして NiFeCo を用いたスピンバルブ層のメモリセルを試作し、その MR 特性を調査した。

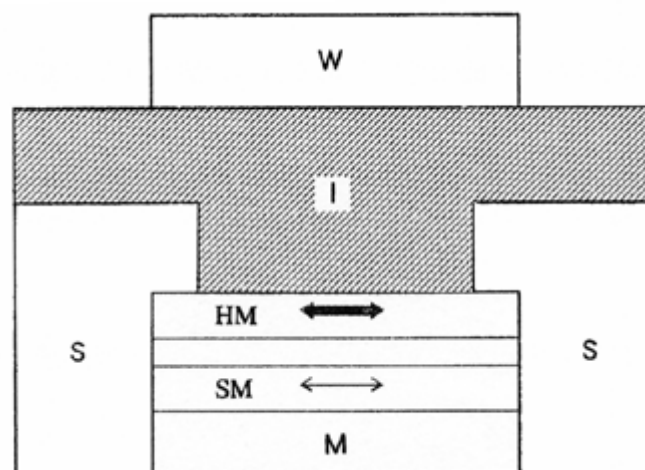
メモリセルは図 1 に示す、[HM/Cu/SM/( /Cu)] の構造を持つ。HM スピンバルブ多層膜は、rf スパッタあるいは UHV 蒸着により作成した。ここで HM はセミハード磁性材料、SM は軟磁性材料である。Co、Co-Pt、および Co-Fe を HM 層として、NiFeCo を SM 層として使用した。MR 素子 ( 図中 M で表示 ) の寸法は、 $20 \times 40 \mu\text{m} \times 133\text{nm}$  であり Au のワード線は巾  $80 \mu\text{m}$ 、厚さ  $200\text{nm}$  である。絶縁層はレジストで厚み  $1 \mu\text{m}$  である。

記録はワード線の電流で HS 層を飽和させるだけの磁場  $H_s$  をかけて書き込む。1 と 0 は磁化の方向で区別される。データの読み出しは、ワード線に  $H_s$  より低く、SM を飽和させるだけの磁場を起こさせる電流 (  $100\text{mA}$  ) をかけてシャントライン間に定電流を流し電位差で 1、0 を判定する。実測により非破壊読み出し ( NDRO ) メモリとして読み出し可能であることを確かめた。

メモリセルとして実用化するためには  $H_s$  が小さく MR 比が大きいことが必要である。CoPt のかわりに  $\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}$  に変えると  $H_s$  を下げることが出来、 $[\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50} (4) / \text{Cu} (2) / \text{Ni}_{68}\text{Co}_{20}\text{Fe}_{12} (12) / \text{Cu} (2)]$  は  $[\text{Co}_{75}\text{Pt}_{25} (3) / \text{Cu} (2.3) / \text{Ni}_{80}\text{Fe}_{10}\text{Co}_{10} (7.4) / \text{Cu} (2.3)]$  より  $H_s$  が小さく  $2000\text{e}$  で、MR 比 7.5% が得られた。Si (100) 面上にエピタキシャル成長させた層を用いた  $[\text{NiFe} (10) / \text{Cu} (5) / \text{Co} (5) / \text{NiFe} (10)]$  の場合  $H_s$  をさらに大幅に下げることが出来 (  $200\text{e}$  程度 )、MR 比は 5% であった。ただし、( ) 内の数字は層厚 ( nm ) である。

#### 【図】

図 1 メモリセルの構造、ただし W、I、M、S、はそれぞれワード線、絶縁層、MR 素子、シャントラインを示す。



出典：「Spin-valve multilayers of [ H/Cu/S ] ( H = Co, Co-Pt, or Co-Fe, S = NiFeCo) and memory cells」, 「J. Magnetism and Magnetic Materials Vol.156 No.1/3」, 1996 年 4 月 2 日、SAKAKIMA H、IRIE Y、KAWAWAKE Y、SATOMI M 著、Elsevier Science B.V. 発行、405 頁 Fig.1 Structure of the memory cell, where W, I, M, S denote word line, insulator, MR element, and shunt line, respectively

【出典 / 参考資料】

「Spin-valve multilayers of [ H/Cu/S ] ( H = Co, Co-Pt, or Co-Fe, S = NiFeCo) and memory cells」,  
「J. Magnetism and Magnetic Materials Vol.156 No.1/3」, 1996 年 4 月 2 日、SAKAKIMA H、IRIE  
Y、KAWAWAKE Y、SATOMI M 著 Elsevier Science B.V. 発行、405 - 406 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 6 スピンバルブ構造 - スピンバルブ多層膜

【技術内容】

巨大磁気抵抗効果 (GMR) は、Fe/Cr 多層膜で発見された。この多層膜では、磁気抵抗比は 100% 以上と大きい磁気抵抗が飽和する磁場  $H_s$  が数 kOe と大きくこのままでは実用には向かない。

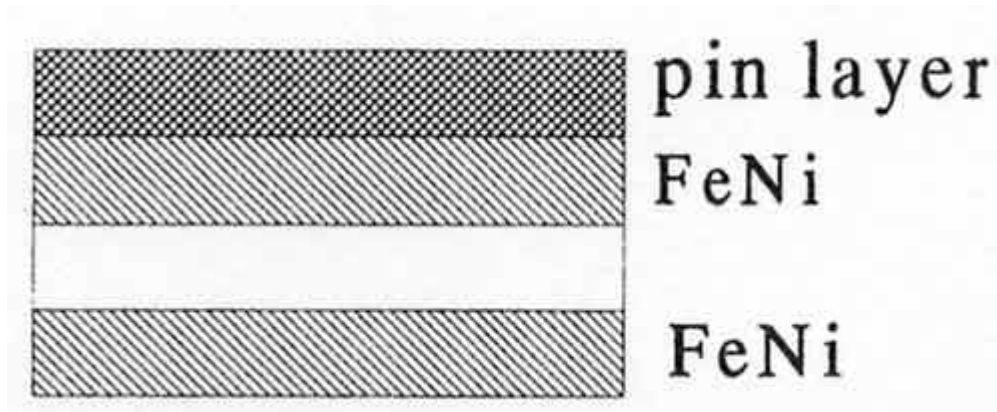
図 1 は磁場感度を大きくするため工夫された構造でスピンバルブ構造と呼ばれている。スピンバルブ構造では、磁化がピン層に固定された磁性層と、外部磁場に容易に応答するフリー磁性層とが非磁性膜によって隔てられている。

この構造により、微弱磁場で磁気抵抗が発生することになり、飽和磁束密度時の磁気抵抗比は高々 15% 程度であるが、磁場感度は 2%/Oe 程度になる。

スピンバルブ構造ではピン層として何を用いるかが重要であり、通常 FeMn や IrMn などの反強磁性合金が用いられる。

【図】

図 1 スピンバルブ構造。容易磁化方向は長手方向に沿うように配置する。



出典：「スピン制御と伝導理論」、「日本応用磁気学会研究会資料 Vol.108th」、1999 年 1 月 28 日、井上順一郎著、社団法人日本応用磁気学会発行、10 頁 図 5 スピンバルブ構造

【出典 / 参考資料】

「スピン制御と伝導理論」、「日本応用磁気学会研究会資料 Vol.108th」、1999 年 1 月 28 日、井上順一郎著、社団法人日本応用磁気学会発行、9 - 16 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 7 反平行結合素子

【技術内容】

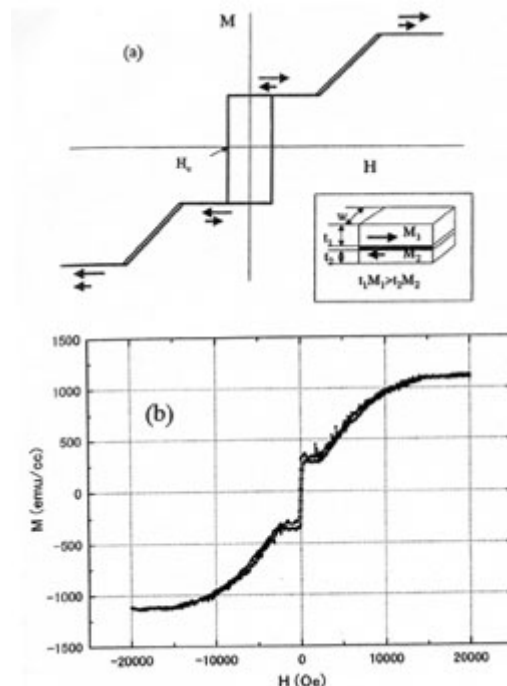
磁化の異なる2つの磁性層を、非磁性スペーサを介して反強磁性カップリングした反平行結合素子 SyAF を作製した。SiO<sub>2</sub>/Si 基板の上の Cu(2.5 nm)/ Ru(10 nm) バッファ層上に、超高真空スパッタ法とメタルマスクを用いて、Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(5 nm)/ Ru(0.45 nm)/ Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3 nm) 構成の三重層を形成し、SyAF とした。各層のカッコ内は膜厚を示す。

図1に、磁化反転の際に反平行配列を保ったSyAFの磁化曲線を示す。(a)は、理論的に予測される磁化曲線の模式図、および挿図としてSyAFの構造模型を示す。(b)は、上記のSyAF試料について、室温で測定した磁化曲線である。(a)と似ており、強い反強磁性結合を示している。保磁力は  $H_c = 76 \text{ Oe}$ 、飽和磁場は  $H_s = 16 \text{ kOe}$  である。

なお、非磁性スペーサRuの膜厚が0.45 nmの場合と0.9 nmの場合とでは、保磁力  $H_c$  はほとんど変わらない。これは、SyAFの磁化スイッチング場が、反強磁性層間交換カップリングの大きさには依存しないことを示唆している。

【図】

図1 磁化反転の際に反平行配列を保ったSyAFの磁化曲線。(a)磁化曲線の模式図とSyAFの構造模型、(b) Cu(2.5 nm)/ Ru(10 nm) バッファ層上に作製した Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(5 nm)/ Ru(0.45 nm)/ Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3 nm) の磁化曲線。



出典：「Magnetic switching field and giant magnetoresistance effect of multilayers with synthetic antiferromagnet free layers」, 「Applied Physics Letters Vol.81 No.2」, 2002年7月8日、K. Inomata、T. Nozaki、N. Tezuka、S. Sugimoto著、American Institute of Physics発行、311頁 Fig.1 Schematic magnetization curve for the SyAF keeping antiparallel alignment during magnetization reversal (a) and the magnetization curve for Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(5 nm)/ Ru(0.45 nm)/ Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>(3 nm) fabricated on a Cu(2.5 nm)/ Ru(10 nm) buffer layer (b). The inset in (a) shows the SyAF model structure.

【出典 / 参考資料】

「Magnetic switching field and giant magnetoresistance effect of multilayers with synthetic antiferromagnet free layers」, 「Applied Physics Letters Vol.81 No.2」, 2002 年 7 月 8 日、K. Inomata、T. Nozaki、N. Tezuka、S. Sugimoto 著、American Institute of Physics 発行、310 - 312 頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 8 GMR 積層構造 - Co NiFe/Cu/Co/NiFe

【技術内容】

弱く結合した GMR 積層構造をデータ書き込みと読み出しに使う MRAM メモリセル構造を提案した( 図 1 )。GMR 積層構造として Co(50 ) NiFe(5 )/Cu(40 )/Co(5 )/NiFe(50 )を用いた。薄いほうの NiFe と Co 層は界面の分散を高めるためで、MR 比はこの層が無い場合の 2 倍になった。

GMR 層は rf スパッタ法により形成した。スパッタ時に 15.5 Oe の磁場をかけることにより一方向の異方性を実現した。

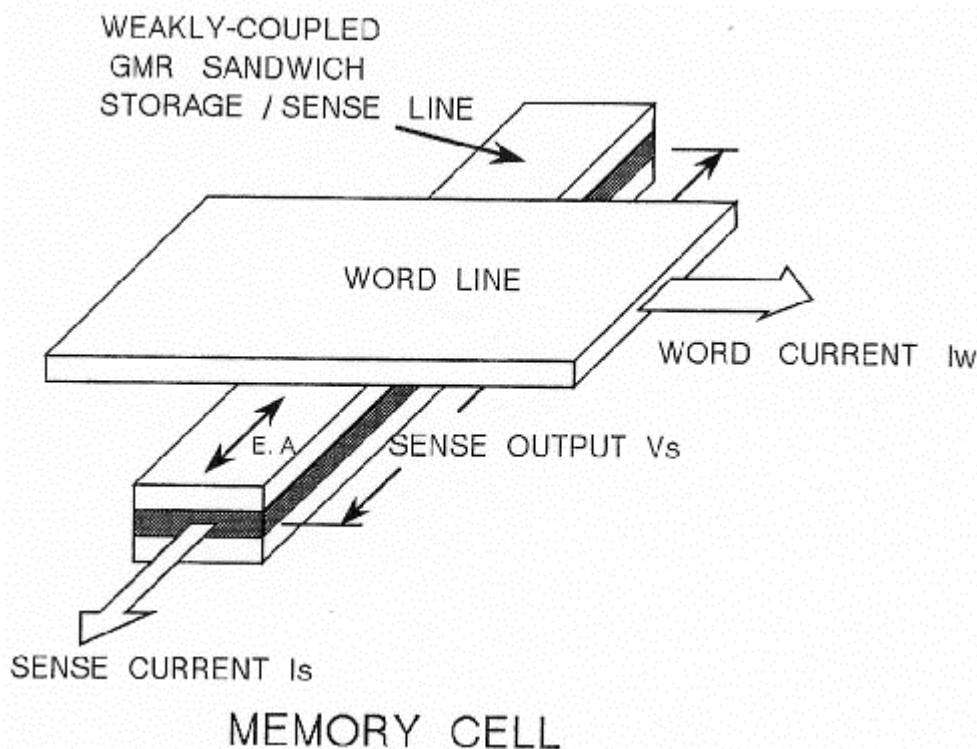
メモリセルの構造を図 1 に示す。ワード線と、GMR の書き込み/読み出し線を直交させた構造である。記録時には、GMR のハード磁気部分 (Co(50 ) NiFe(5 ) ) が、ワード線と書き込み/読み出し線の双方に流れる電流により形成される合成磁場により磁化される( 磁化の方向により 0 と 1 が区別される )。

読み出し時にはハード磁気部分を書き換えなくてソフト磁気部分 (Co(5 )/NiFe(50 ) ) が書き換えられる大きさの電流をワード線と書き込み/読み出し線に流す。

図 2 に示した 1 ビットの試験メモリセルを用いて、ワード線にパルス電流を流すことにより、書き込み/読み出し線にパルス電圧が観測されることで、非破壊読み出しが可能なことを確かめた。

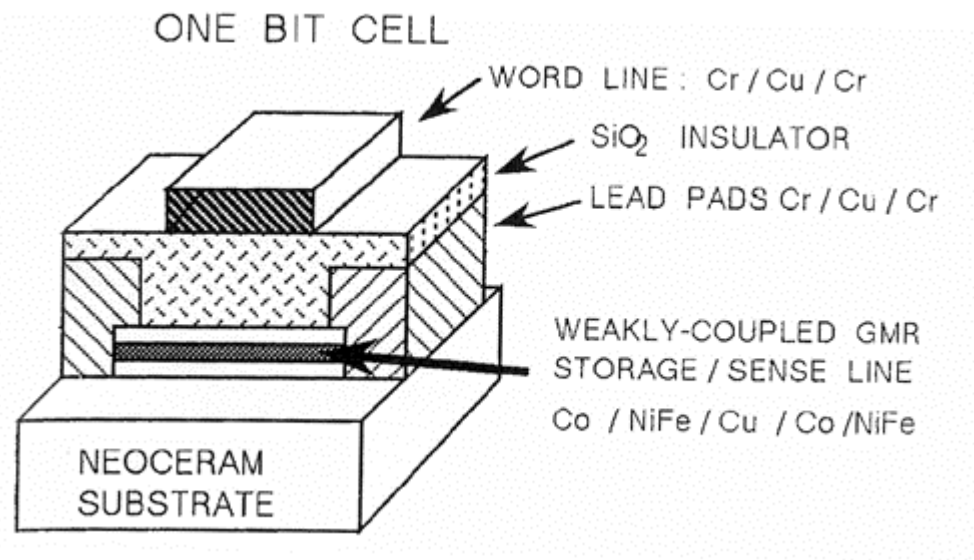
【図】

図 1 メモリセルの構造。容易磁化方向は長手方向に沿うように配置する。



出典 : 「A new type of GMR memory」, 「J. Magnetism and Magnetic Materials Vol.155 No.1/3」, 1996 年 3 月 1 日、WANG Z, NAKAMURA Y 著、Elsevier Science B.V. 発行、162 頁 Fig.3 Schematic structure of memory cell. The preferred easy axis is chosen to lie along the longitudinal direction to eliminate 'curling distance'

図 2 実験用の 1 ビットメモリー。書き込み/読み出し線は Co(50 ) NiFe(5 )/Cu(40 )/Co(5 )/NiFe(50 )であり、取り出しパッド ( lead pad ) とワード線は Cr/Cu/Cr の複層膜である。



出典：「A new type of GMR memory」, 「J. Magnetism and Magnetic Materials Vol.155 No.1/3」, 1996年3月1日、WANG Z、NAKAMURA Y 著、Elsevier Science B.V. 発行、163頁 Fig.5 Experimental apparatus for one-bit memory. The storage/sense line is Co(50 ) NiFe(5 )/Cu(40 )/Co(5 )/NiFe(50 ). Both the lead pads and the word line are made from Cr/Cu/Cr multilayers.

【出典 / 参考資料】

「A new type of GMR memory」, 「J. Magnetism and Magnetic Materials Vol.155 No.1/3」, 1996年3月1日、WANG Z、NAKAMURA Y 著、Elsevier Science B.V. 発行、161 - 163頁

【技術分類】 1 - 1 - 3 MRAM / GMR 素子 / 層構成

【 F I 】 H01L27/10,447; G11C11/15,112

【技術名称】 1 - 1 - 3 - 9 セミハード磁性層を記録用に、ソフト磁性層を読み出し用に使うスピ  
ンバルブ複層膜 -  $[\{Co_{75}Pt_{25}/Cu/Ni_{80}Fe_{10}Co_{10}\}/Cu]$

#### 【技術内容】

セミハード磁性層を記録用に、ソフト磁性層を読み出し用に使うスピバルブ複層膜を用いたメモリセルを提案した。

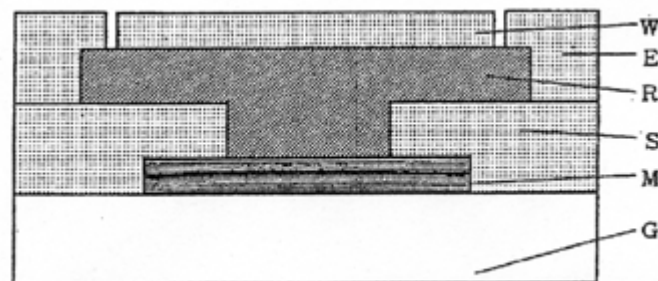
光学リソグラフィとイオンミリングを使って図 1 に示すようなワード線とセンス線を持つスピバルブメモリを試作した。 $[\{Co_{75}Pt_{25}/Cu/Ni_{80}Fe_{10}Co_{10}\}/Cu]^N$ 多層膜はガラス基板上にスパッタで形成した。約 100 Oe の静磁場をスパッタ中に加え磁気異方性を確保した。成形した MR 多層膜を正方形にパターニングした後 Au 膜を形成しシャントに加工する。レジストを塗布した後 Au 膜を形成し、ワード線に加工する。

$[\{Co_{75}Pt_{25}(7.4)/Cu(2.3)/Ni_{80}Fe_{10}Co_{10}(3)\}/Cu(2.3)]^9$ 多層膜の MR 特性を測定したところ、膜形成までのときは MR 比約 3% であったがメモリセルに加工したときは MR 比が約 2% に低下した。あらかじめハード磁性膜を磁化して書き込んだ状態のメモリセルのワード線に矩形波を流して読み出しを行ったところ、センス線に書き込み状態に対応した電圧変化が観測され非破壊読み出しが可能であることが確認された。

本材料では書き込み磁界が大きいことと読み出し信号が小さいことから実用は困難であるが、多層膜の構成やエピタキシャル成長などの成膜方法の改良により実用化できる可能性がある。

#### 【図】

図 1 本論文のスピバルブメモリ素子の断面概念図。



出典：「Spin-Valve Memory Elements Using  $[\{Co-Pt/Cu/Ni-Fe-Co\}/Cu]$  Multilayers」, 「Jpn. J. Appl. Phys. Vol.34 No.4A」, 1995 年 4 月 1 日、IRIE Y、SAKAKIMA H、SATOMI M、KAWAWAKE Y 著、応用物理学会発行、L415 頁 Fig.1 Schematic cross section of the present spin-valve memory element.

W: word line (Au), E: electrode (Au), R: insulator (photo-resist), S: shunt (Au), M: spin-valve multilayers(  $[NiFeCo/Co/CuPt/Cu]$ ), G: substrate(glass)

#### 【出典 / 参考資料】

「Spin-Valve Memory Elements Using  $[\{Co-Pt/Cu/Ni-Fe-Co\}/Cu]$  Multilayers」, 「Jpn. J. Appl. Phys. Vol.34 No.4A」, 1995 年 4 月 1 日、IRIE Y、SAKAKIMA H、SATOMI M、KAWAWAKE Y 著、応用物理学会発行、L415 - L417 頁