

修士学位論文概要

題目 GdFeCo/TbFe 二層膜を用いた GMR 膜の熱アシストスピ注入磁化反転

氏名 浅野 佳太

【概要】

はじめに

スピ注入磁化反転は、Gbit 級の大容量 MRAM を実現する技術として開発が進んでいるが、更なる高密度化のためには反転電流密度 J_c の低減と高い熱安定性を両立するための新技術が必要と考えられている。この新技術として、我々のグループでは希土類-遷移金属(RE-TM)合金をメモリー層に用いた熱アシストスピ注入磁化反転を提案している。RE-TM 膜では容易に垂直磁気異方性を誘導でき、高い熱安定性を得ることができる。さらに、磁化、保磁力、キュリー温度などを組成により制御できるという優れた特性を持っている。これまでは、RE-TM 合金として GdFeCo 単層膜を用いたスピ注入素子を検討してきたが、GdFeCo 膜は 10 Gbit 級メモリを実現するために必要な大きな実効垂直磁気異方性 K_{eff} を望めない。そこで、 K_{eff} の大きい TbFe を組み合わせた二層膜を検討する。本研究では、フリー層に様々な膜厚比の GdFeCo/TbFe 二層膜を用いたスピ注入素子を作製し、スピ注入磁化反転電流のメモリー層構成依存性と熱アシスト効果を調べる。

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置により、熱酸化膜付き Si 基板上に substrate/Ta (10 nm)/CuAl (150 nm)/Tb₁₆(Fe₉₀Co₁₀)₈₄ (20 nm)/Co₄₀Fe₄₀B₂₀ (1 nm)/Cu (6 nm)/Gd₂₁(Fe₉₀Co₁₀)₇₉(xnm)/Tb₁₆Fe₈₄(10-xnm)/Cu (5 nm)/Ta (5 nm) を成膜した。素子の微細加工には、フォトリソグラフィ、電子ビームリソグラフィ、ECR プラズマエッチングを用い、接合面積 160 nm×160 nm の CPP-GMR (Current Perpendicular to Plane Giant Magneto Resistance) 接合を作製した。磁気抵抗(MR)特性は直流 4 端子法により評価した。スピ注入磁化反転はパルス幅 0.1 sec のパルス電流で行い、読み出し電流 0.5 mA でパルス電流印加後の素子抵抗を測定した。

実験結果

GdFeCo (9 nm)/TbFe (1 nm) 二層膜を有する GMR 素子のスピ注入磁化反転の測定を行った結果を図 1 に示す。TbFeCo 層と GdFeCo/TbFe 層の磁化が反平行状態(AP)から平行状態(P)になる電流 I_{AP-P} 及びその逆の I_{P-AP} は印加磁界に依存するが、平均的反転電流密度 J_c は 2×10^7 A/cm² 程度の値が得られた。この値は GdFeCo 単層膜を用いた GMR 素子と比較して約 1.5 倍の値であった。一方、二層膜の K_{eff} は GdFeCo 単層膜の約 2 倍となっており、二層膜の J_c は単純に K_{eff} に比例しないことがわかった。GdFeCo (9 nm)/TbFe (1 nm) 二層膜を有する GMR 素子の J_c と K_{eff} のサンプル温度依存性を図 2 に示す。GdFeCo/TbFe 二層膜の J_c は温度上昇により減少し、 J_c 低減に熱アシストが効果的であることを示す結果が得られた。サンプル温度 80°C で測定した J_c は室温の約 80% となった。 K_{eff} の温度依存性からこの J_c 減少は K_{eff} の減少で説明できることがわかった。

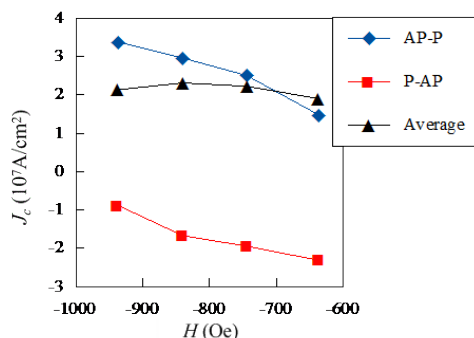


Fig. 1 GdFeCo (9 nm)/TbFe (1 nm) 二層膜を有する GMR 素子の反転電流密度 J_c の印加磁界依存性

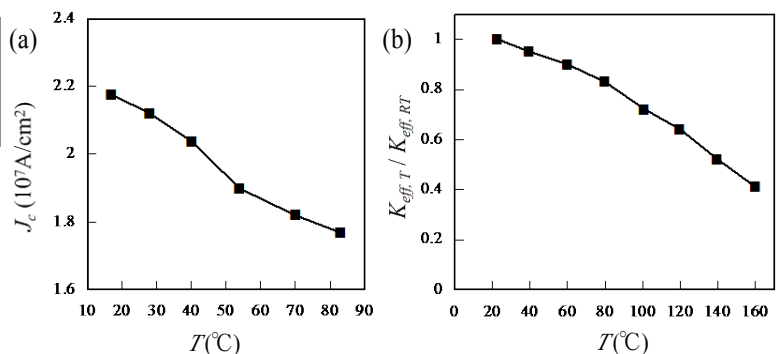


Fig. 2 GdFeCo (9 nm)/TbFe (1 nm) 二層膜を有する GMR 素子における反転電流密度 J_c の温度依存性と (b) GdFeCo (9 nm)/TbFe (1 nm) 二層膜の実効垂直磁気異方性 K_{eff} の温度依存性

【学会発表等】

IEEE Magnetics Society 名古屋支部若手研究会, 名古屋大学, 愛知 (2014)

平成 26 年度電気・電子・情報関連学会東海支部連合大会, 中京大学, 愛知, D3-4(2014)

