

修士学位論文概要

題 目 TbFe/MgO/Co-Pt 多層膜トンネル接合素子の熱アシスト磁化反転

氏名 吉川 大貴

【概要】

はじめに

不揮発性で高速動作が可能な磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)は、次世代のユニバーサルメモリとして期待されている。PC等のメインメモリとしてMRAMを実用化するためにはGbit級の容量が求められており、その主な書き込み手法としてスピン注入磁化反転の研究が現在盛んに行われている。しかし、スピン注入磁化反転型MRAMの実現のためには反転電流密度の低減とともに高い熱安定性を保たなければならないという課題がある。その解決策として、書き込み時に素子に電流を流すことでトンネル障壁部に発生するジュール熱を利用し、一時的にメモリー層の磁気異方性を下げ、低電流で書き込みを可能にする熱アシスト型MRAMが提案されている。本研究では高い垂直磁気異方性を有しており室温で高い熱安定性がある一方、低いキュリー温度であるため熱アシストに適したTbFeをメモリー層として用いた垂直磁化トンネル接合を提案し、熱アシストによる磁化反転を試みる。

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置, MBE装置を用い, 下部磁性層をCo/Pt多層膜, 上部磁性層をTbFe膜, 絶縁層をMgOとした多層膜を作成した。この膜をフォトリソグラフィやECR Arイオンエッチングを用いて接合面積 $2.4 \mu\text{m} \times 2.4 \mu\text{m}$ として加工し, 垂直磁気トンネル接合素子を作製した。

実験結果

Fig.1(a)は, MgO層厚1.4 nmの素子のMR曲線を示しており, 低磁界300 Oe, 高磁界1.5 kOeでの抵抗変化がそれぞれCo/Pt多層膜, TbFe膜の磁化反転に対応している。Fig.1(b)は外部磁界800 Oeのもとでパルス幅100 msecの電流を流した後の抵抗値を横軸パルス電流としてプロットした図である。なお, 初期状態でCo/Pt層は磁界に平行, TbFe層は磁界に反平行と設定し, 電流パルスを0 mAから12 mAまで増加し, 再び0 mAまで減少した。Fig.1(b)のように, ある程度までのパルス電流印加では, 反平行(AP)状態を維持し高抵抗であるが, 約9 mAの電流で抵抗が急減している。これはトンネル接合にパルス電流を流すことでジュール熱が発生し, TbFe層の磁気異方性が下がったため, 保磁力よりも低い磁界でTbFe層の磁化が反転し, 平行(P)状態へ遷移した(熱アシスト磁化反転した)ことを示している。反平行状態と平行状態の中間の抵抗となる電流から見積もった反転に必要な電力密度の外部磁界依存性をFig.2に示す。Fig.2より絶縁層1.4 nmの素子において200 Oe程度の低磁界において, およそ $3.4 \text{ mW}/\mu\text{m}^2$ の電力密度で磁化反転が可能であることが明らかになった。

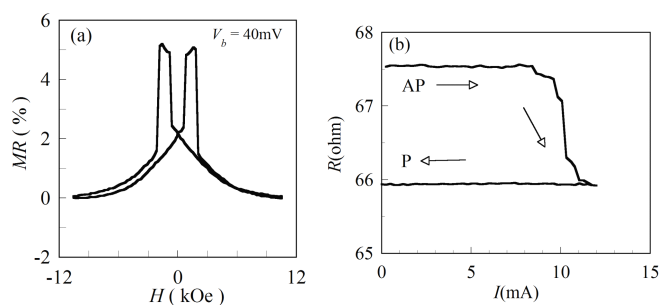


Fig.1 (a) MR curve measured at bias voltage $V_b=40\text{mV}$ and (b) I-R curve measured at an external field $H_{\text{ext}}=0.80$ kOe for the MTJ of $[\text{Co/Pt}]_{10}/\text{MgO}/\text{TbFe}$.

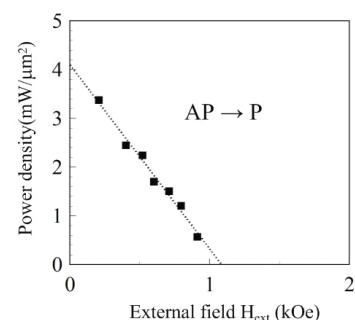


Fig.2 Power density for TA-switching of the MTJ of $[\text{Co/Pt}]_{10}/\text{MgO}/\text{TbFe}$ as a function of external field.

【学会発表等】

第37回 日本磁気学会学術講演会, 北海道大学, 4aC-7, p150 (2013)

MORIS (Magnetics and Optics Research International Symposium) 2013, Saitama, Japan, Tu-P-23 (2013)