

Fe/MgO 接合における磁気緩和の電界効果の第一原理計算

Ab initio calculation of electric field effect on magnetic damping of Fe/MgO junctions

¹京都工繊大, ²東北大通研・³東北大 CSIS ○三浦 良雄¹, 辻川 雅人^{2,3}, 白井 正文^{2,3}

¹KIT, ²RIEC & ³CSIS, Tohoku Univ., ○Y. Miura^{1,2}, M. Tsujikawa^{2,3}, M. Shirai^{2,3}

E-mail: miura@kit.ac.jp

はじめに 不揮発性スピンメモリの実現に向けた大きな課題として、素子の高密度化に伴う磁化の熱揺らぎ耐性の向上と電流注入磁化反転における閾値電流密度の低減が挙げられる。これらの課題を克服するために、垂直磁気異方性を有するトンネル磁気接合(MTJ)素子が不可欠である。近年CoFeB/MgO系のMTJにおいて、強磁性共鳴により検出したTa/CoFeB/MgOの磁気異方性及び磁気緩和定数 α のCoFeB 膜厚依存性と電界依存性に関する実験が行われた[1]。そして磁気緩和定数 α の電界変調量 $\Delta\alpha$ は膜厚の減少とともに増大し、その変調の割合は膜厚1.4nmで-21%であることが報告された。このような電界変調による磁気異方性と磁気緩和定数の制御は、スピンメモリにおいて磁化の熱揺らぎ耐性を確保しながら電流注入磁化反転の閾値電流密度の低減させるうえで重要である。そこで本研究ではFe/MgO(001)接合の界面領域における磁気緩和定数及び結晶磁気異方性の電界変調効果を第一原理計算により解析した。

方法 電子構造および結晶磁気異方性(MCA)エネルギー E_{MCA} の第一原理計算には、スピン軌道相互作用を考慮したProjected Augmented Wave法を用いた。以下ではMCAエネルギーが正の値のときに垂直磁気異方性を示すように定義する。具体的にはAu(7ML)/Fe(9ML)/MgO(5ML)薄膜を対象として、面内格子定数はMgOに合わせ、AuやFeの膜面垂直方向の原子間距離を最適化している。また、磁気緩和定数 α はKamberskyのトルク補正モデル[2]に基づいて第一原理計算を行った。

結果 まず Au/Fe/MgO 薄膜の結晶磁気異方性の電界変調効果を調べた。結果を Fig. 1 に示す。結晶磁気異方性エネルギーは負電界の印加とともに増加し、その傾きは 7.6[fJ/Vm]とこれまでの計算結果と近い値を得た。また、磁気緩和定数も負電界の印加とともに増加した。また、その変調の割合は-1V/nm において約 1%であった。講演では、磁気緩和定数の電界効果の起源とその膜厚依存性について議論する。

【謝辞】 本研究は日本学術振興会最先端研究開発支援プログラム「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」の助成を受けて実施した。

【参考文献】

[1] A. Okada, *et al.*, APL **105**, 052415 (2014).

[2] V. Kambersky, CJPB **26**, 1366 (1976).

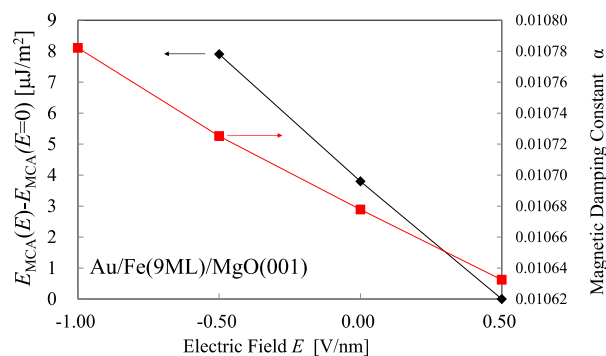


Fig. 1 Electric field dependence of magneto-crystalline anisotropy (MCA) and magnetic damping constant α of Au/Fe(9ML)/MgO(001) thin film. Here, negative electric field causes electron depletion at Fe/MgO interfaces.