

電圧誘起巨大トンネル磁気キャパシタンス効果の観測と理論的解明

緒方健太郎*, 中山雄介*, Gang Xiao**, 海住英生****,
(*慶大理工, **ブラウン大理, ***慶大スピセンター)

Observation and theoretical calculation of voltage-induced large tunnel magnetocapacitance effect

K. Ogata*, Y. Nakayama*, G. Xiao** and H. Kaiju****

(*Keio Univ., **Brown Univ., ***Keio Univ. CSRN)

はじめに

近年、磁気トンネル接合(MTJ)におけるトンネル磁気キャパシタンス(TMC)効果は、トンネル磁気抵抗(TMR)効果には見られないいくつかの新現象を示す他、高感度磁気センサや磁気メモリへの応用も期待されていることから、国内外で注目を集めている[1, 2]。TMC効果の興味深い特徴の一つとして、電圧に対するロバスト性が挙げられる。例えば、TMCの $V_{1/2}$ (=ゼロバイアス付近のTMC比が半分になるときの電圧)はTMRと比較して2倍程度大きいことが報告されている[3]。このようなロバスト性に関連して、本研究では、室温にて300%を超える巨大な電圧誘起TMC効果の観測、及びその理論計算フィッティングに成功したので、詳細について報告する。

実験方法

超高真空マグネトロンスパッタ装置を用いて、熱酸化Si基板上にTa/Co₅₀Fe₅₀/IrMn/Co₅₀Fe₅₀/Ru/Co₄₀Fe₄₀B₂₀/MgO/Co₄₀Fe₄₀B₂₀/Ta/Ruから構成されるMTJを作製した。強磁性層Co₄₀Fe₄₀B₂₀の膜厚は3nm、絶縁層MgOの膜厚は2nmとした。微細加工にはフォトリソグラフィとイオンミリング法を用いた。接合面積は1800 μm^2 とした。TMCおよびTMR効果の測定には、室温磁場中交流4端子法を用いた。

実験結果

図1に電圧印加時のTMC効果を示す。周波数160Hz、印加電圧92mVの条件下で300%を超えるTMC比が観測された。図2に周波数30、160、400HzにおけるTMC比のバイアス電圧依存性を示す。TMC比はある特定の電圧範囲内で増加し、最大値を示した。また、TMC比の電圧依存性は周波数160Hzで最も大きな挙動を示すこともわかる。これらの実験結果は、放物線バリア近似、スピン依存ドリフト拡散モデル、Debye-Fröhlichモデル[4]に加えて、シグモイド関数を取り入れたZhangモデル[5]による計算結果と良い一致を示した。これはZhangモデルにおけるスピントリプが巨大な電圧誘起TMC効果に大きな影響を及ぼすことを意味する。講演ではより詳細な実験・計算結果について報告する。

参考文献

- [1] H. Kaiju *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **107**, 132405 (2015).
 [2] T.-H. Lee *et al.*: *Sci. Rep.* **5**, 13704 (2015).
 [3] A. M. Sahadevan *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **101**, 162404 (2012).
 [4] H. Kaiju *et al.*: *Sci. Rep.* **7**, 2682 (2017).
 [5] S. Zhang *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **79**, 3744 (1997).

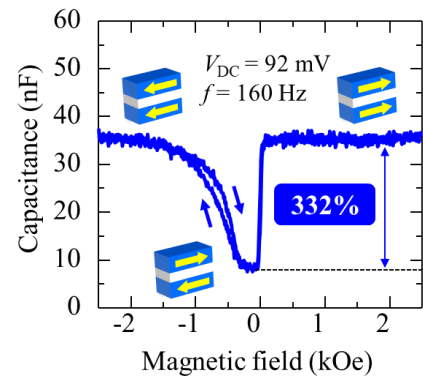


図1: 電圧印加時のTMC効果

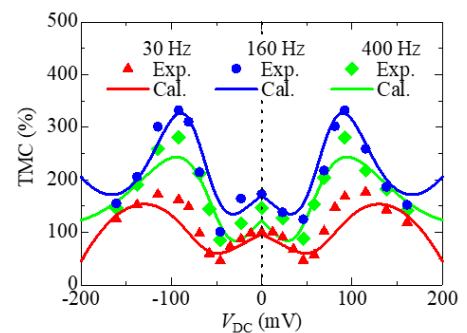


図2: 各周波数におけるTMC比のバイアス電圧依存性