

強磁性トンネル接合における室温巨大磁気キャパシタンス効果

海住英生、武井将志、三澤貴浩、長浜太郎*、西井準治、Gang Xiao**
(北大電子研、*北大工、**ブラウン大学)

Room temperature large magnetocapacitance effect in magnetic tunnel junctions

H. Kaiju, M. Takei, T. Misawa, T. Nagahama*, J. Nishii and G. Xiao**
(Hokkaido Univ. RIES, *Hokkaido Univ. Eng., **Brown Univ. Rhys.)

はじめに

近年、スピントロニクス材料・デバイスにおける磁気キャパシタンス (MC) 効果は、交流スピンドイナミクスに関する新たな学術的知見を与えられる一方、高感度磁気センサー、高周波磁気インピーダンス素子への応用も期待されていることから国内外で大きな注目を集めている[1-5]。中でも、強磁性トンネル接合 (MTJ) は、興味深い交流スピンドイナミクスを示すと同時に、室温にて 50% 程度の大きなトンネル磁気キャパシタンス (TMC) 効果を示す。しかしながら、TMC 効果のメカニズムには不明な点が多く、また、TMC 比は、トンネル磁気抵抗 (TMR) 比の最大値 (~600%) と比較しても、一桁程度小さい。そこで、本研究では、TMC 効果のメカニズムを明らかにするとともに、TMC 比の向上を目指すことを目的とした。

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 3 nm、絶縁層 MgO の膜厚は 2 nm とした。微細加工にはフォトリソグラフィとイオンリング法を用いた。接合面積は 1800 μm² 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。測定周波数帯域は 80–1MHz、交流振幅電圧は 0.26 mV_{rms}、最大印加磁場は 1.4 kOe とした。

実験結果

図 1 に TMC 効果の周波数依存性を示す。200 Hz 付近で TMC 比が最大値 (=155%) を示す。これは TMC 比の従来値 (~50%) を大きく超える。また、TMR 比は周波数に依存せず 108% であったため、TMC 比は TMR 比よりも大きくなることも明らかになった。図 2 に TMC 比と磁化平行・反平行状態でのキャパシタンス C_{P(AP)} の周波数特性を示す。実験結果は Debye-Fröhlich モデルを用いた計算結果 (実線) と良い一致を示した。すなわち、磁場により MTJ の磁化配置が変化すると、絶縁層をトンネルするキャリアの緩和時間が変化し、これにより動的誘電分極が変化する。この誘電分極の変化がキャパシタンスの変化となる[6]。講演ではより詳細な実験・計算結果を報告する。

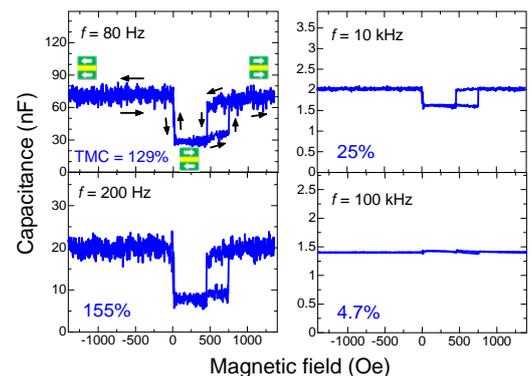


図 1: MTJ における TMC 効果

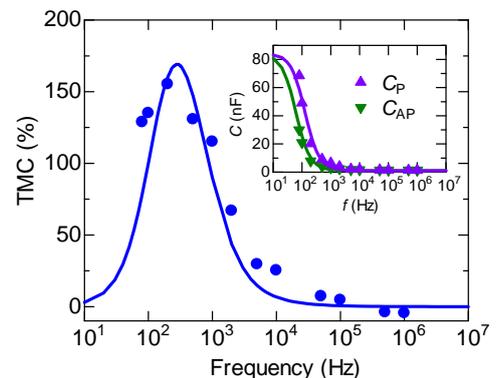


図 2: TMC 比と C_{P(AP)} の周波数特性

参考文献

- [1] H. Kaiju *et al.*: *J. Appl. Phys.* **91**, 7430 (2002). [2] P. Padhan *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **90**, 142105 (2007).
[3] N. Kobayashi *et al.*: *Nat. Commun.* **5**, 4417 (2014). [4] J.-Y. Hong *et al.*: *SPIN* **4**, 1440015 (2014).
[5] T.-H. Lee *et al.*: *Sci. Rep.* **5**, 13704 (2015). [6] H. Kaiju *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **107**, 132405 (2015).