

Fe/AlO_x/Fe₃O₄における逆トンネル磁気キャパシタンス効果

海住英生、長浜太郎*、佐々木 駿*、島田敏宏*、北上 修**、
三澤貴浩、藤岡正弥、西井準治、Gang Xiao***
(北大電子研、*北大工、**東北大多元研、***ブラウン大学)

Inverse Tunnel Magnetocapacitance Effect in Fe/AlO_x/Fe₃O₄

H. Kaiju, T. Nagahama*, S. Sasaki*, T. Shimada*, O. Kitakami**,
T. Misawa, M. Fujioka, J. Nishii and G. Xiao***

(Hokkaido Univ. RIES, *Hokkaido Univ. Eng., **Tohoku Univ. IMRAM, ***Brown Univ. Rlys.)

はじめに

近年、強磁性トンネル接合 (MTJ) におけるトンネル磁気キャパシタンス (TMC) 効果は、交流スピンドYNAMICS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[1-4]。通常の TMC 効果では、両強磁性層の磁化が平行であるときキャパシタンス C_p が大きく、反平行であるとき C_{AP} が小さくなる。本研究では Fe/AlO_x/Fe₃O₄ MTJ においてその逆の現象 ($C_p < C_{AP}$) である逆トンネル磁気キャパシタンス (iTMC) 効果を発見したので報告する[5]。

実験方法

分子線エピタキシー法(最高到達真空度: 10^{-8} Pa) [6]により MgO(110) 基板上に MgO(20 nm)/NiO(5 nm)/Fe₃O₄(60 nm)/AlO_x(2-4 nm)/Fe(10 nm)/Au(30 nm)から構成される MTJ を作製した。微細加工にはフォトリソグラフィと Ar イオンミリング法を用いた。接合面積は $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ とした。TMC 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 20-1MHz、交流振幅電圧は 35 mV_{rms}、最大印加磁場は 1.4 kOe とした。

実験結果

図 1 に示すように Fe/AlO_x/Fe₃O₄ MTJ において明瞭な iTMC 効果が観測された。すなわち、磁化平行状態のとき C_p が小さく、反平行状態のとき C_{AP} が大きくなる。このときの変化率を iTMC 比 ($= (C_{AP} - C_p) / C_p$) と定義する。図 2 に iTMC 比の周波数特性を示す。iTMC 比は最大で 11.4% を示した。また、この周波数特性は Zhang モデルと放物線バリア近似 (PBA) を取り入れた Debye-Fröhlich モデル、及びスピン依存ドリフト拡散 (SDD) モデル[4]を用いた理論計算により定量的に説明できることがわかった。さらに、本計算結果によると 65%と-42%のスピン分極率を有する MTJ では 150%を超える iTMC 比が得られることが明らかになった。講演では iTMC 比の電圧依存性を含めた詳細な実験・計算結果を報告する。

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] H. Kaiju *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **107**, 132405 (2015). [4] T.-H. Lee *et al.*: *Sci. Rep.* **5**, 13704 (2015).
[5] H. Kaiju *et al.*: *Sci. Rep.* **7**, 2682 (2017). [6] T. Nagahama *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **105**, 102410 (2014).

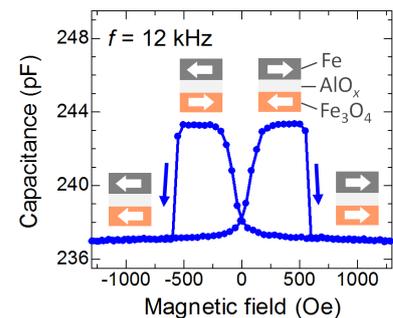


図 1: Fe/AlO_x/Fe₃O₄ における iTMC 効果

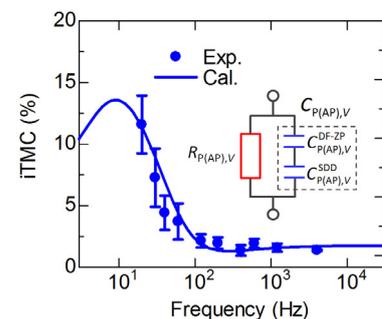


図 2: iTMC 比の周波数特性