

# 強磁性トンネル接合における電圧誘起磁気キャパシタンス効果

海住英生、三澤貴浩、長浜太郎\*、小峰啓史\*\*、北上 修\*\*\*、  
藤岡正弥、西井準治、Gang Xiao\*\*\*\*

(北大電子研、\*北大工、\*\*茨大工、\*\*\*東北大多元研、\*\*\*\*ブラウン大学)

Voltage-induced Magnetocapacitance Effect in Magnetic Tunnel Junctions

H. Kaiju, T. Misawa, T. Nagahama\*, T. Komine\*\*, O. Kitakami\*\*\*,  
M. Fujioka, J. Nishii and G. Xiao\*\*\*\*

(Hokkaido Univ. RIES, \*Hokkaido Univ. Eng., \*\*Ibaraki Univ. Eng.,  
\*\*\*Tohoku Univ. IMRAM, \*\*\*\*Brown Univ. Rhys.)

## 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、静的なスピン蓄積や動的なスピンドYNAMIXSに関する新たな学術的知見を与える一方、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大きな注目を集めている[1-4]。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)はトンネル磁気抵抗(TMR)と比較して2倍程度大きいことが報告されている[5]。このようなロバスト性に関連して、本研究では、電圧に対してTMCが増大する新しい現象を見出したので報告する。

## 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/Co<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>/IrMn/Co<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>/Ru/Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>/MgO/Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>/Ta/Ruから構成されるMTJを作製した。強磁性層Co<sub>40</sub>Fe<sub>40</sub>B<sub>20</sub>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 $\mu\text{m}^2$ 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TMRとTMCのバイアス依存性を示す。TMR比はバイアス電圧の上昇とともに減少することがわかる。一方、TMC比については低バイアスにおいてやや減少するが、高バイアスでは増大する興味深い現象が観測された。これらの実験結果を説明するため、理論計算による解析を行った。TMRの計算にはZhangモデルを用いた[6]。TMCの計算には4次関数バリア近似(QBA)とスピン依存ドリフト拡散(SDD)モデル[2]を取り入れたDebye-Fröhlichモデルを用いた。その結果、図2に示すように、実験結果と計算結果が良い一致を示すことがわかった。これはスピンキャパシタンスが電圧誘起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] S. Parui *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **109**, 052401 (2016). [4] H. Kaiju *et al.*: *Sci. Rep.* **7**, 2682 (2017).  
[5] A. M. Sahadevan *et al.*: *Appl. Phys. Lett.* **101**, 162404 (2012). [6] S. Zhang *et al.*: *Phys. Rev. Lett.* **79**, 3744 (1997).

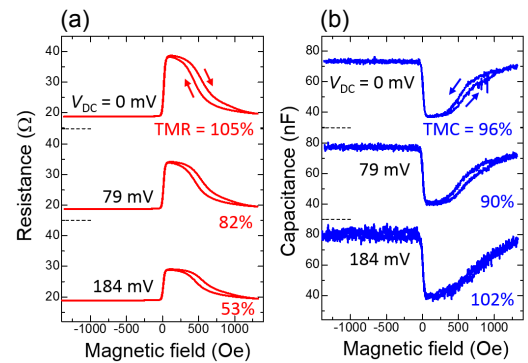


図1: (a) TMRと(b)TMCのバイアス電圧依存性

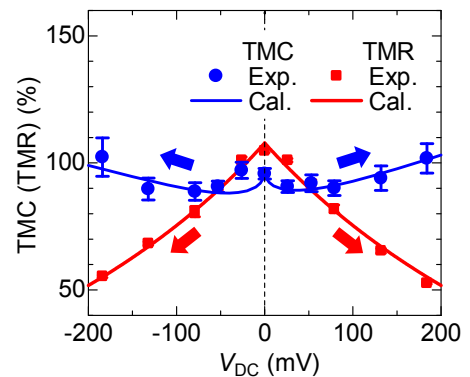


図2: TMR比とTMC比のバイアス電圧依存性