

## CoFeB-MgO 接合における電界誘起磁化スイッチングの磁界角度依存性

## Magnetic Field Angle Dependence of Electric-Field Induced Magnetization Switching in CoFeB-MgO

東北大通研<sup>1</sup>, 東北大 CSIS<sup>2</sup>, 電通大<sup>3</sup>, 東北大 WPI-AIMR<sup>4</sup>○金井 駿<sup>1\*</sup>, 山ノ内 路彦<sup>1,2</sup>, 池田 正二<sup>1,2</sup>, 仲谷 栄伸<sup>3</sup>, 松倉 文礼<sup>1,2,4</sup>, 大野 英男<sup>1,2,4</sup>RIEC, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, CSIS, Tohoku Univ.<sup>2</sup>, UEC<sup>3</sup>, WPI-AIMR, Tohoku Univ.<sup>4</sup>○S. Kanai<sup>1\*</sup>, M. Yamanouchi<sup>1,2</sup>, S. Ikeda<sup>1,2</sup>, Y. Nakatani<sup>3</sup>, F. Matsukura<sup>1,2,4</sup>, and H. Ohno<sup>1,2,4</sup>

\*E-mail: sct273@riec.tohoku.ac.jp

我々はこれまで、CoFeB を電極に用いたキャパシタ素子において、室温で電圧印加に伴う電子密度変調による垂直磁気異方性の変調<sup>[1]</sup>、及び垂直磁気異方性制御を介した $\sim 180^\circ$  磁化反転を報告した<sup>[2]</sup>。今回、電界誘起磁化スイッチングの外部印加磁界角度依存性を報告する。

単結晶サファイア基板上に Ta/Ru/Ta/Co<sub>20</sub>Fe<sub>60</sub>B<sub>20</sub>(0.9 nm)/MgO(1.4 nm)/Co<sub>20</sub>Fe<sub>60</sub>B<sub>20</sub>(1.8 nm)/Ta/Ru をスパッタリング法により成膜後、電子線リソグラフィと Ar イオンミリングを用いて直径約 70 nm の磁気トンネル接合をコプレーナウェーブガイド中に形成した。続けて真空( $10^{-4}$  Pa)・磁界(0.4 T)中、300°C で熱処理を行った。CoFeB/MgO/CoFeB 接合がキャパシタ構造に相当する。

両磁性層は垂直磁化容易軸を持ち、電圧印加による上部記録層の磁気異方性変調を反映して、トンネル磁気抵抗マイナーループの保磁力変化が観測される。参照層からの漏れ磁界を補償する垂直磁界と記録層の磁化歳差軸を決める面内磁界( $H_{in}$ )を合成した定常磁界下において、磁化反転確率の測定を行った。磁界角度 $\theta_H$ は膜面垂直方向と磁界の成す角度である。パルス電圧印加に伴う磁気異方性変調により誘起される磁化の歳差運動を介して、磁化状態は平行(P)/反平行(AP)状態間を遷移する<sup>[2]</sup>。図は $\theta_H < 40^\circ$  において、連続した 2 回のパルス電圧印加により記録層磁化が P/AP 状態間を往復する確率の  $H_{in}$ 、印加パルス幅  $t_{pulse}$  依存性である。磁化の歳差運動が誘起されていることを示す反転確率の振動的振る舞いが明瞭に観測された。反転確率が極小(大)値[実線(破線)]をとる  $t_{pulse}$  は  $H_{in}$  に反比例し、その係数は g 因子を 2 とした磁気回転比の(半)整数倍と一致する。 $\theta_H < 10^\circ$  では磁化反転確率の最大値が小さく、歳差運動周期が長いいため熱擾乱の影響を受けやすいためである。

本研究の一部は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」、及び「特別研究員奨励費」により行われた。

## References

- [1] M. Endo *et al.*, Appl. Phys. Lett. **96**, 212503 (2010).  
 [2] S. Kanai *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 122403 (2012).

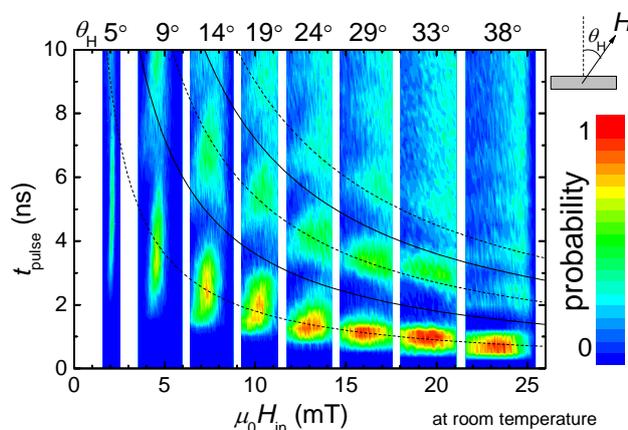


Figure: Bi-directional magnetization switching probability by two successive voltage pulses as functions of applied magnetic field and pulse length under various magnetic field directions.