

放射線衝突に伴う不揮発メモリのソフトエラーに関するシミュレーション

Numerical Simulation of Soft Error Rate in Nonvolatile Memories

阪大院工 ○ 脇村 豪, 鎌倉 良成

Osaka Univ. ○Go Wakimura and Yoshinari Kamakura

E-mail: wakimura@si.eei.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】 LSI プロセスの微細化は回路性能の向上やコスト削減などの恩恵をもたらしたが、その反面、放射線衝突によるソフトエラー問題への対策が重要となってきた。今回、TCAD および SPICE を活用し、不揮発メモリセルの Single Event Upset (SEU) 過程のシミュレーション解析を行ったので報告する。

【計算方法と結果】 スピン注入型磁化反転 MRAM を例にとったシミュレーションを行った。MRAM の特長の一つに高い信頼性、特にデータの書き込みや保存に電荷の蓄積を必要としないことによる耐放射線性の強さが挙げられている [1]。今回我々は、MTJ の磁化反転を記述する Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) 方程式を等価回路で模擬した SPICE モデル (Fig. 1 は解析例) [2,3] を活用し、SEU 過程を調べた。なお、本モデルでは、白色雑音源を用いることで熱擾乱の効果が考慮されており、計算結果は確率過程となる。MTJ に接続されたアクセストランジスタへの放射線衝突を想定し、その際発生するパルス電流波形を図 2 のような 2 重指数関数型のモデル式 [3] で記述した上で、電流源として上記 MTJ モデル素子に接続した。反転確率の解析結果を Fig. 2 に示す。ここでは、2 種類の τ_b を仮定した時の反転確率 P の Q 依存性を示している。各条件ごとに乱数列を変えた 10^3 回のシミュレーションを繰り返し P を求めたが、結果は τ_b にはあまり依存せず、収集電荷量 Q のみでほぼ決まるような特性を示した [5]。TCAD デバイスシミュレーションで求めた電流波形との関係についても報告する予定である。

【参考文献】 [1] N. Sakimura et al., J. Appl. Phys. **115**, 17B748 (2014). [2] W. Guo et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **43** 215001 (2010). [3] 平松ほか, 2011 年 秋応物 31a-ZS-17. [4] G. Messenger et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. **29**, 2024 (1982). [5] J. He et al., J. Appl. Phys. **101**, 09A501 (2007).

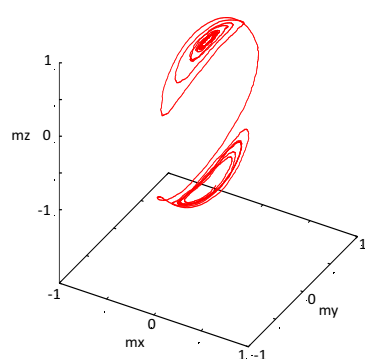


Fig. 1: Magnetic trajectory of MTJ switching driven by the spin transfer torque. Simulation was done with SPICE based model [2,3].

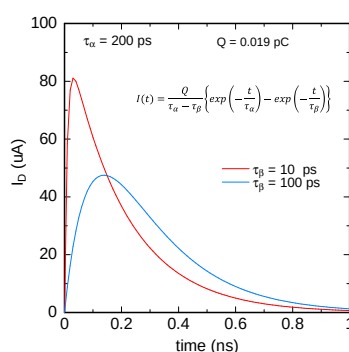


Fig. 2: Transient drain current waveforms caused by the radiation strike to MOSFET approximated by the double-exponential model [4].

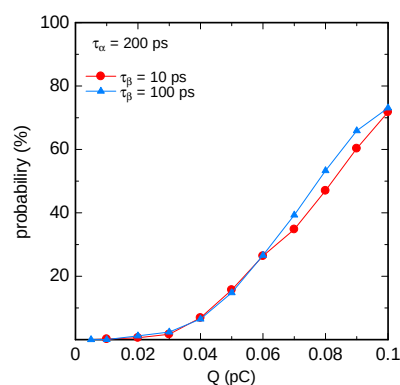


Fig. 3: Simulated switching probability P plotted as a function of the amount of the corrected charge Q .