

半導体メモリーのミュオン誘起 シングルイベントアップセットシミュレーション

Simulation of low-energy muon-induced single event upsets on a semiconductor memory

*真鍋 征也¹, 渡辺 幸信¹, 安部 晋一郎²

¹九州大学, ²日本原子力研究開発機構

数 MeV 正・負ミュオン加速照射実験のため、単純有感領域モデル及び粒子輸送計算コード PHITS を用いて、設計ルール 65 nm の SRAM Bulk デバイスにおけるミュオン誘起シングルイベントアップセット (SEU) の発生予測シミュレーションを行い、SEU 発生頻度の入射エネルギー依存性を調べた。

キーワード: ソフトエラー, シングルイベントアップセット, PHITS, ミュオン

1. 緒言 放射線が半導体デバイスに入射することにより電子機器に生じる一過性の誤動作（ソフトウェア）の内、放射線の電荷付与により記憶データが反転する現象はシングルイベントアップセット（SEU）と呼ばれる。地上では二次宇宙線中性子が主要因となるが、デバイスの微細化に伴った放射線耐性の低下により、近年では、二次宇宙線ミュオン誘起ソフトウェアの影響が懸念されている。Serre ら[1]はシミュレーションにより SEU に与える負ミュオン捕獲反応の影響について報告した。しかしながら、これまで負ミュオン照射実験の報告はない。そこで、当研究グループは、J-PARC MUSE 施設において世界初の正・負ミュオン照射実験を行う予定である。本発表では、実験で用いる予定の半導体メモリーデバイスに対するミュオン誘起 SEU の数値シミュレーションの結果について述べる。

2. 計算手法、計算体系 SEU シミュレーションには、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS[2]及び単純有感領域モデルを使用した。単純有感領域モデルとは、デバイス中に定義した有感領域に付与された電荷がすべて記憶ノードに収集されるという簡易的なモデルである。本シミュレーションでは、実験で使用予定である設計ルール 65 nm の SRAM Bulk デバイスを用いた。入射ミュオンのエネルギー分布は、実験を予定している J-PARC MUSE 施設のビームを模擬し、ガウス分布（ 1σ で 5 %）のエネルギー分布を持つと仮定した。本デバイスは 0.4 V 動作時の臨界電荷量（SEU を誘起する閾値電荷量）が 0.6 fC と既知であったため、本解析でもこの値を使用した。

3. 結果 図にシミュレーション結果を示す。横軸は入射ミュオンの平均運動エネルギー、縦軸は入射ミュオン当たりの SEU 数である。SEU 数は両者ともに 6.8 MeV 付近でピークを示している。これは、正・負ミュオン共に有感領域付近で停止しそのエネルギーの多くを有感領域に付与したためである。SEU 数は負ミュオン入射時の方が多く誘起されており、平均エネルギー 6.8 MeV 入射では 1.6 倍程多い。これは負ミュオン捕獲反応による二次粒子の影響であり、照射実験においてもこの影響が観察されることが期待される。

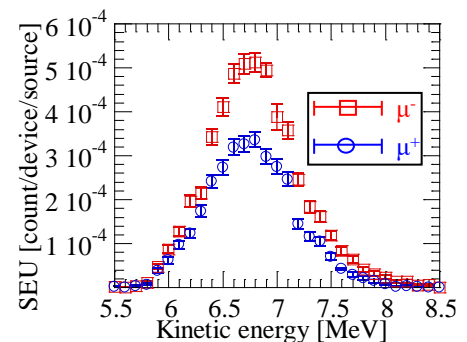


図. SEUシミュレーション結果

参考文献

[1] S. Serre et al., *Proc. of RADECS2012*, (2012).

[2] T. Sato, et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, vol. 50, p.913 (2013).

*Seiya Manabe¹, Yukinobu Watanabe¹, Shin-ichiro Abe²

¹Kyushu Univ., ²Japan Atomic Energy Agency.