

## 宇宙線中性子起因マルチセルアップセットのスケーリング則調査

## Investigation of Scaling Law for Cosmic-ray Neutron Induced Multiple Cell Upsets

九大院総理工<sup>1</sup>, 学振特別研究員<sup>2</sup>, 阪大院情<sup>3</sup>, 東大生研<sup>4</sup>, 富士通セミコンダクタ<sup>5</sup>作田 賢志朗<sup>1</sup>, 安部 晋一郎<sup>1,2</sup>, 渡辺 幸信<sup>1</sup>, 原田 諒<sup>3</sup>, 橋本 昌宜<sup>3</sup>, 更田 裕司<sup>4</sup>, 上村 大樹<sup>5</sup>Kyushu Univ.<sup>1</sup>, JSPS Research Fellow<sup>2</sup>, Osaka Univ.<sup>3</sup>, IIS, Univ. of Tokyo<sup>4</sup>, Fujitsu SemiconductorLtd.<sup>5</sup> Kenshiro Sakuta, Shin-ichiro Abe<sup>1,2</sup>, Yukinobu Watanabe<sup>1</sup>, Ryo Harada<sup>3</sup>, MasanoriHashimoto<sup>3</sup>, Hiroshi Fuketa<sup>4</sup>, Taiki Uemura<sup>5</sup>

E-mail: sakuta@ees.kyushu-u.ac.jp

【序】地上における電子機器の信頼性問題として二次宇宙線中性子起因ソフトウェアの影響が懸念される中、半導体デバイスの微細化・省電力化に伴う多ビット同時反転現象 (Multiple Cell Upset: MCU) の顕在化が注目されている。MCU の一部は誤り訂正符号などの従来のエラー対策法では対応できず、高信頼性が要求される機器にとって致命的な問題となる。大阪大学核物理研究センター (RCNP) で実施された MCU 測定実験[1]について、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS[2]を用いた解析を実施し、相対値に関する比較結果を報告した[3]。本報告では実験値と計算値の絶対値も含めた比較結果を示した後、MCU 発生割合のスケーリング則に関する調査結果について述べる。

【解析手法】実験で用いられた設計ルール 65nm の SRAM に対する垂直 (180deg) および斜め (120deg) 中性子入射について解析を行った後、スケーリング則を用いて設計ルール 45, 32, 25nm の計算体系および臨界電荷量を定義して同様の解析を実施した。収集電荷量の算出には簡易的な有感領域モデルを用いている。

【解析結果・結論】図 1 に同時反転ビット数イベント分布の実験値と計算値の比較結果を示す。いずれの中性子入射条件とも計算値と実験値とのおおむね良い一致が得られた。続いて微細化に伴う MCU 発生割合の変化および MCU への二次イオン種の寄与を図 2 に示す。微細化に伴い SEU に対する MCU の割合は増加しており、今後デバイスの進歩により MCU の影響が顕在化することが予想される。また各設計ルールのデバイスとも He イオンが MCU の主要因であり、微細化に伴い H イオンによる寄与の増加が見られる。この結果より、MCU 解析を行う際には核反応モデルの H、He イオン生成の記述の精度が重要となることを見出した。

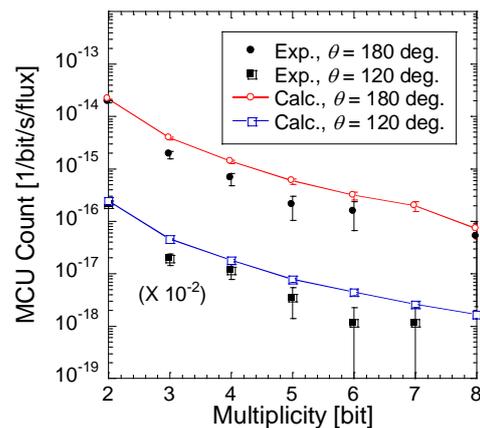


図 1. 同時反転ビット数イベント分布の実験値と計算値の比較

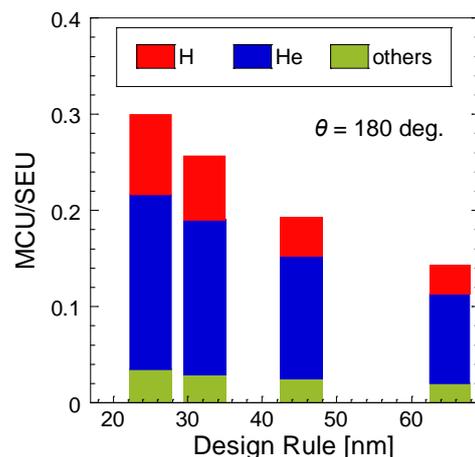


図 2. 微細化に伴う MCU 発生割合の変化および MCU への二次イオン種の寄与

[1] R.Harada et al., IEEE Trans. on Nucl. Sci., Vol. 59, No. 6, pp. 2791-2795, 2012.

[2] K.Niita et al., "PHITS: Particle and Heavy Ion Transport code System, Ver. 2.23", JAEA-Data/Code 2010-022, 2010.

[3] 安部晋一郎 et al., 第 73 回応用物理学会学術講演会, 13a-F4-7, 愛媛県 松山市, 2012 年 9 月.