18a-B2-3

PHITS と多重有感領域モデルを用いたソフトエラー発生率解析

Soft error rate analysis based on the multiple sensitive volume model using PHITS code

原子力機構 [1], ○安部 晋一郎 [1], 佐藤 達彦 [1]

JAEA [1], °Shin-ichiro Abe[1], Tatsuhiko Sato[1]

E-mail: abe.shinichiro@jaea.go.jp

【序】地上における電子機器の誤動作現象の一つとして二次宇宙線中性子起因のソフトエラーが問題視されており、特に高信頼性が要求される機器では、設計段階でのソフトエラー発生率（SER: Soft Error Rate）の評価が必要となる。SER 評価では中性子入射イベント毎の記憶ノードへの収集電荷量を算出する必要があり、過去の研究でデバイスシミュレータを用いて収集電荷量を算出するマルチスケールモンテカルロシミュレーション手法 PHYSERD を構築した[1]。デバイスシミュレータは電荷の時間発展を詳細に解析できるが、長時間の計算を要する。半導体デバイス内に定義した有感領域（SV: Sensitive Volume）への付与電荷量から収集電荷量を算出する SV モデル[2]等を用いることで、SER をより短時間で概算できる。本研究では SER 概算手法の精度検証を行うことを目的とし、モンテカルロ放射線輸送計算コード PHITS [3] と複数の SV により収集電荷量を概算する多重 SV モデルを用いた二次宇宙線中性子起因の SER を計算した。その結果は、PHYSERD による解析結果及び単一の SV により収集電荷量を概算する単純 SV モデルを用いた結果[4]と比較し、検証を行った。

【計算手法】設計ルール 25nm の NMOSFET に関して三次元 TCAD シミュレータ HyENEXSS[5]を用いた電荷収集過程の系統的調査を行い、その結果を基に各 SV の形状と電荷収集効率を定義した。PHYSERD で解析した中性子入射イベントについて、PHITS と多重 SV モデルを用いた再解析を行い、イベント毎の収集電荷量を概算し SER を算出した。

【計算結果・結論】図 1 に各手法により得られた SER を比較した結果を示す。単純 SV モデル及び多重 SV モデルを用いた SER の概算値は、ともに PHYSERD による解析結果と概ねよい一致を示した。次に、PHYSERD の解析結果を基準とした各イベントの収集電荷量の相対値に関する度数分布を図 2 に示す。多重 SV モデルを用いることで、単純 SV モデルを用いた場合より PHYSERD による解析結果を再現するイベントが増加している。この結果、多重 SV モデルを用いて電荷収集効率の位置依存性を考慮することで、SER の概算の精度向上に繋がることを実証した。

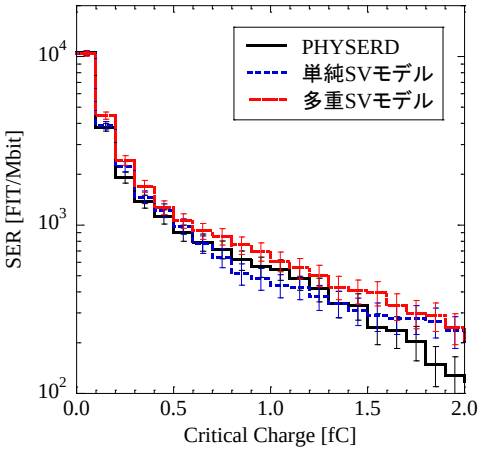

図 1. 各計算手法によって得られた SER の比較

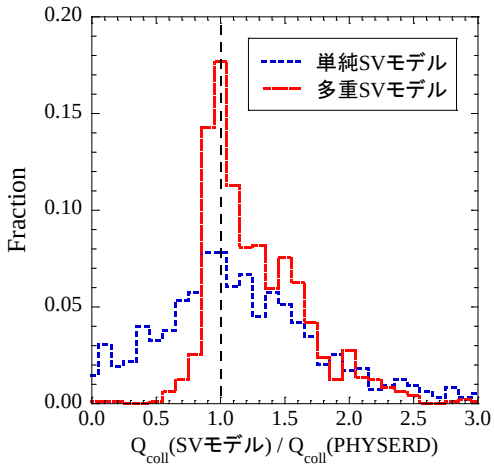

図 2. 収集電荷量の相対値に関する度数分布

[1] S. Abe et al., *Proc. of IRPS 2012, 15-19 Apr. 2012, Anaheim, CA*, pp. 965-970, 2012.

[2] K. M. Warren et al., *IEEE Trans. on Nucl. Sci.*, vol. **54**, no. 4, pp. 898-903, 2007.

[3] T. Sato et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, vol. **50**, no. 9, pp.913-923, 2013.

[4] S. Abe et al., *Proc. of 10th RASEDA, Ibaraki, Japan, 10-12 Dec., 2012*, pp. 150-153, 2012.

[5] 3-D TCAD Simulator HyENEXSS, Developed by Selete: Semiconductor Leading Edge Technologies Inc.

© 2014 年　応用物理学会