

PHITS と多重有感領域を用いた FinFET デバイスのソフトウェア解析 Analysis of soft errors for FinFET technology based on the multiple sensitive volume model using PHITS code

原子力機構¹, ソシオネクスト² ○安部 晋一郎¹, 佐藤 達彦¹, 加藤 貴志², 松山 英也²

JAEA¹, Socionext Inc.², °Shin-ichiro Abe¹, Tatsuhiko Sato¹, Takashi Kato², Hideya Matsuyama²

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

【序】電子機器への放射線影響の一つとしてソフトウェアが問題視されている。ソフトウェアは、放射線により半導体デバイス内に付与された電荷（イオントラック）が記憶ノードに収集され、保持データが反転することで発生する。モンテカルロ放射線輸送計算コード PHITS[1]でソフトウェアの発生率を評価する際、収集電荷量を迅速かつ精度良く計算するモデルが必要となる。このとき、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]が一般的に用いられる。これまでの研究で、三次元的な構造を有する FinFET では、電荷の付与位置とともに、fin 部に付与される電荷量も電荷収集効率（付与電荷量に対する収集電荷量の比）に影響を及ぼすことを明らかにした[3]。そこで本研究では、電荷収集効率の電荷付与位置および付与電荷量依存性をより詳細に解析し、その結果に基づいて FinFET に対する多重 SV モデルを新たに構築した。

【計算手法】本研究では、ゲート幅 30 nm、fin 幅 10 nm、fin 高さ 33 nm の n 型 FinFET を解析対象とし、電荷収集過程の解析には三次元 TCAD シミュレータ HyENEXSS[4]を用いた。PHITS 計算で得られた任意の電荷付与イベントについて、HyENEXSS で得られた収集電荷量を基準とし、1つの SV を用いた単一 SV モデルおよび多重 SV モデルで算出した収集電荷量と比較することで精度検証を行った。

【結果・結論】図 1 に電荷収集効率の電荷付与位置および付与電荷量依存性を示す。fin 部だけでなく、基板部でも付与電荷量の増加に伴い電荷収集効率が緩やかに増加することが判明した。次に、図 2 に HyENEXSS の解析結果を基準とした各電荷付与イベントの収集電荷量の相対値に関する度数分布を示す。単一 SV モデルは多くのイベントを大幅に過小評価する一方、多重 SV モデルは HyENEXSS の解析結果をよく再現することを明らかにした。この結

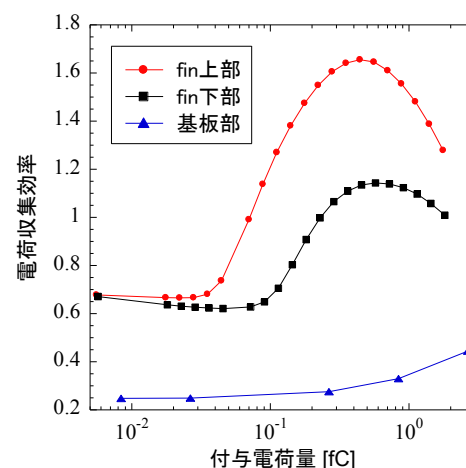


図 1. HyENEXSS 得られた電荷収集効率の電荷付与位置および付与電荷量依存性

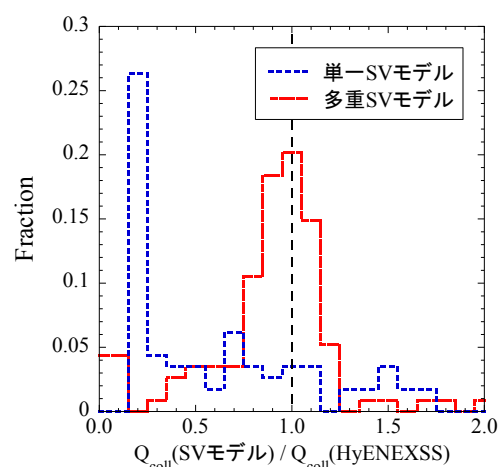


図 2. 収集電荷量の相対値に関する度数分布

果より、電荷収集効率の位置依存性および付与電荷量依存性を考慮する事が、収集電荷量の概算精度向上に繋がることを実証した。

- [1] T. Sato et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, vol. **50**, no. 9, pp.913-923, 2013.
- [2] K. M. Warren et al., *IEEE Trans. on Nucl. Sci.*, vol. **54**, no. 4, pp. 898-903, 2007.
- [3] 安部晋一郎, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川県横浜市, 2017 年 3 月
- [4] 3-D TCAD Simulator HyENEXSS, Developed by Selete: Semiconductor Leading Edge Technologies Inc.