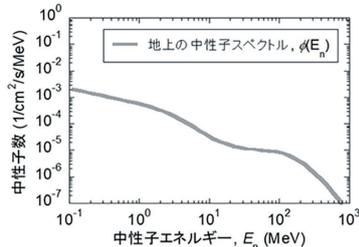
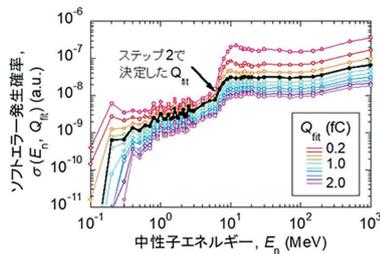
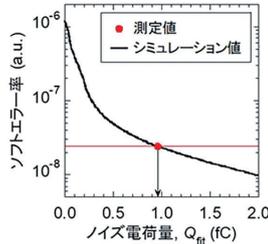


地上の半導体ソフトエラー率を迅速に推定する手法の開発化 —安心安全な超スマート社会の実現のために—

(a)

1. 評価対象とする半導体チップのソフトエラー発生確率 $\sigma(E_n, Q_{fit})$ をシミュレーションで求める。
2. 任意の中性子源にて評価対象とする半導体チップのソフトエラー率を測定する。
3. シミュレーション値が測定値を再現する Q_{fit} を求める。
4. シミュレーションで得たソフトエラー発生確率 $\sigma(E_n)$ に、地上の中性子スペクトル $\phi(E_n)$ を乗じて積分することで、地上環境のソフトエラー率 SER_{GND} を算定する。



(b)

同一の半導体チップの SER_{GND} 評価を様々な中性子源を用いて行った結果、中性子源によらず同等の SER_{GND} 評価値(2倍以内の差)が得られた。

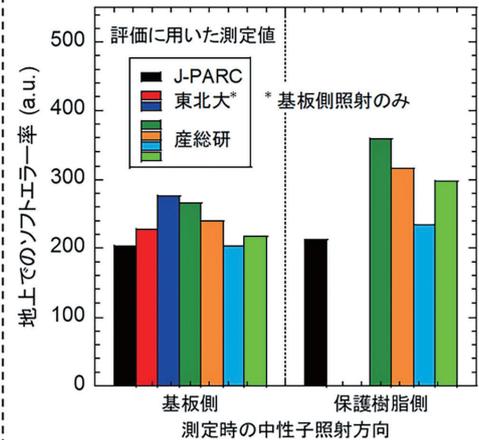


図1 (a) 地上環境のソフトエラー率の見積もり手順、及び (b) 様々な測定値を用いた地上環境のソフトエラー率の見積もり結果

放射線が引き起こす半導体チップの保持情報の反転現象 (シングルイベントアップセット; SEU) は、電子機器の一時的な誤動作 (ソフトエラー) の一因です。地上環境では宇宙から降り注ぐ中性子がSEUの主因であり、中性子は遮蔽が困難なため、特に高い信頼性が必要な機器では地上のソフトエラー率 (SER_{GND} , 単位時間当たりのソフトエラー数) の評価が不可欠です。 SER_{GND} 評価には、地上に到達する中性子を再現可能な中性子源を利用することが一般的ですが、このような中性子源は世界的に見ても数が少なく、高まる SER_{GND} 評価の需要を満たすには不十分な状況にあります。そこで、任意の中性子源を SER_{GND} 評価に利用する手法を開発しました。本手法では、半導体チップのソフトエラー発生確率 (σ , 中性子1個が半導体チップに入射したときにソフトエラーが発生する確率) の、中性子エネルギー E_n とソフトエラー発生に必要なノイズ電荷量 Q_{fit} に対する依存性 $\sigma(E_n, Q_{fit})$ をシミュレーションで求め (図1 (a) -1)、任意の中性子源で測定したソフトエラー率とシミュレーション値を比較して Q_{fit} を求めます (図1 (a) -3)。 Q_{fit} が定まると、 $\sigma(E_n)$ と地上の中性子エネルギー分布 $\phi(E_n)$ より SER_{GND} を求めることができます (図1 (a) -4)。

本手法により、特殊な中性子源以外にも、国内外に数多くある中性子源で SER_{GND} 評価が可能となり (図1 (b))、高まる半導体ソフトエラー評価の需要に応えることができます。これにより、安心安全な超スマート社会の実現のために必要となる高信頼な半導体チップの設計やそれを用いた情報システムの高信頼化に貢献します。

本研究成果の一部は、株式会社ソシオネクストとの共同研究「新型トランジスタにおけるソフトエラーシミュレーション技術の開発」およびJST産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA) (課題番号JPMJOP1721) 「安全・安心・スマートな長寿社会実現のための高度な量子アプリケーション技術の創出」の支援を受けて実施したものです。

Abe, S. et al., A Terrestrial SER Estimation Methodology Based on Simulation Coupled With One-Time Neutron Irradiation Testing, IEEE Transactions on Nuclear Science, European Conference on Radiation and its Effects on Components and Systems (RADECS 2022), Venice, Italy, vol.70, issue 8, part 1, 2023, p.1652–1657.

原子力科学研究所
原子力基礎工学研究センター 安部 晋一郎



◀Webはこちらへ