

コンクリート建屋内の宇宙線中性子束エネルギー分布の測定と PHITS 解析

Measurement and PHITS simulation of cosmic-ray neutron energy spectra inside a concrete building

*田中 裕貴¹, 渡辺 幸信¹

¹九州大学

半導体デバイスの宇宙線中性子起因ソフトエラー率推定に必要となる宇宙線中性子束エネルギー分布を 5 階建てコンクリート建屋内で測定した。ボナー球検出器を用いて、各階 1 室ずつ、それぞれ窓側・中央・廊下側の 3 地点の計 15 点で測定を行い、宇宙線中性子束のコンクリート建屋内部における位置依存性を調査した。さらに、実測環境を再現した PHITS シミュレーションを実行し、実測値との比較を行うことで、PHITS の予測精度を検証した。

キーワード: 半導体, ソフトエラー, 宇宙線中性子, ボナー球検出器, PHITS

1. 緒言

近年、半導体デバイスの微細化による放射線耐性の低下により、宇宙線中性子起因のソフトエラーの顕在化が懸念されている。ソフトエラー率の評価には、デバイスに対するソフトエラー断面積と入射中性子束分布が必要となる。シミュレーションを活用したソフトエラー率推定法の開発が行われているが、その精度検証のために宇宙線中性子束エネルギー分布の実測データが不可欠である。当研究室では、5 階建てコンクリート建屋内の宇宙線中性子計測を継続して行っている^[1]。本研究では、2 階における新規測定及び測定値の気圧補正を実施し、宇宙線中性子束の建屋内部の位置依存性を系統的に調査することを目的とする。

2. 宇宙線中性子測定

測定には減速材の厚さが 0 mm, 15 mm, 30 mm, 50 mm, 90 mm, 200mm の 6 つのボナー球検出器を用いた。減速材の厚さの違いによって、異なるエネルギー領域の入射中性子に感度を持つため、同時測定をすることにより、数十 meV~数 GeV と幅広いエネルギーを持った中性子を検出することができる。

3. 実測値とシミュレーションの比較

宇宙線中性子束の中でもソフトエラーへの寄与が大きい 1 MeV 超の積分値について、実測値とシミュレーションの計算値との比較を行った。その結果を右図に示す。シミュレーションには、PHITS^[2]を用いて実測環境を再現した体系を入力し、中性子線源には PARMA^{[3][4]}モデルの地表面モードを使用した。PHITS シミュレーションは実測値の絶対値を含め減衰の傾向を概ね再現している。しかしながら、主に 1 階の測定点では乖離が大きく、実測値を過大評価する傾向を示した。

参考文献

- [1] 實来悠: 九州大学修士論文 (2021). [2] T. Sato. Et al., J. Nucl. Sci. Technol., 50:9, 913-923 (2013).
[3] T. Sato: PLOS ONE, 11 (2016), e0160390. [4] T. Sato: PLOS ONE, 10 (2015), e0144679.

*Hirota Tanaka¹, Yukinobu Watanabe¹

¹Kyushu Univ.

