

Si の放射線影響評価に向けた電子線飛跡構造解析計算コードの開発

Development of electron track structure simulation code

for evaluating the radiation effect on Si material

○平田悠歩¹, 甲斐健師¹, 小川達彦¹, 松谷悠佑¹, 佐藤達彦¹

日本原子力研究開発機構¹

○Yuho Hirata¹, Takeshi Kai¹, Tatsuhiko Ogawa¹, Yusuke Matsuya¹, Tatsuhiko Sato¹

JAEA¹

E-mail: hirata.yuho@jaea.go.jp

1. 緒言 代表的な半導体の材料である Si は電子機器のメモリ等、幅広い分野で応用利用されている。電子機器の誤動作の一因となり得るソフトエラーは、放射線とメモリ内部の Si の相互作用により生じる電荷が主要因と考えられている。また、Si 半導体検出器はβ線やα線などのエネルギー分布等の測定に用いられているが、重荷電粒子に対するパルス波高欠損は検出効率を低下させる問題を生じる。これら現象の発生メカニズムを解明するため、Si 物質中における放射線挙動の詳細な解析が切望されてきた。そこで、本研究では Si の放射線影響研究の実現へ向けて、電子線飛跡構造解析コードを開発し、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS に組み込んだ。

2. 計算手法・結果 飛跡構造解析コードは、物質中に入射した放射線のエネルギー付与をナノスケールで細微に計算するもので、これまでに放射線生物影響の初期過程の研究を目的とし、生体と等価物質である水を標的としたコード開発が進められてきた。

本研究では、Si 中の電子線飛跡構造解析を可能とするため、Si の電離断面積と格子振動断面積を新たに計算した。これにより、Si 中で電離反応により放出された二次電子が減速され、再度原子に束縛されるまでの追跡が可能となった。図 1 に、水中と Si 中における 4 keV 電子線の飛跡構造の計算結果を示す。水よりも密度が高い Si の場合、水より密にエネルギー付与されることがわかる。また、検出器応答として重要な、一つのキャリア生成に必要なエネルギーである ϵ 値は 3.62 eV と計算され、既報の実験値を再現した。

今後はこの解析計算コードを用いて荷電粒子によるパルス波高欠損などの放射線応答を再現し、欠損の発生過程を調査する予定である。

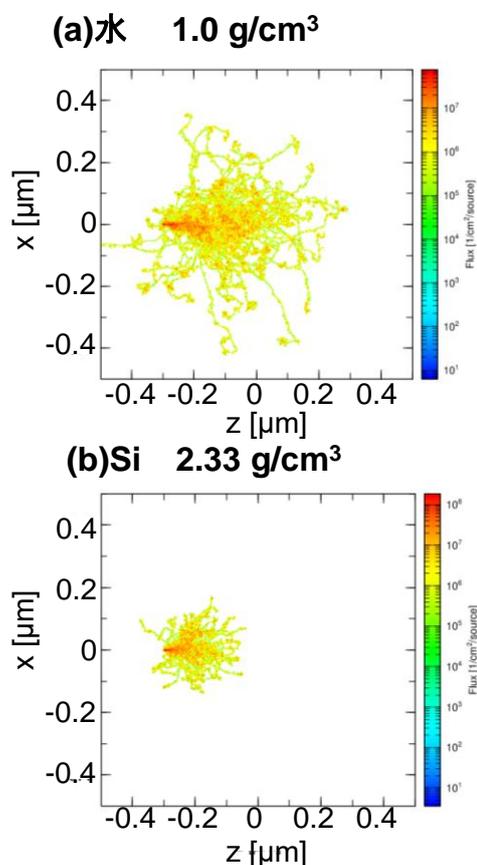


図 1 (a)水と(b)Si 中における 4 keV 電子線の飛跡構造 (入射電子数: 100 本)