

Siにおける負ミューオン原子核捕獲反応からの 放出軽荷電粒子エネルギースペクトルのアンフォールディングによる推定

Estimation of energy spectra of light charged particles emitted from
muon-nuclear capture reaction on Si using an unfolding technique

*北藤 健太郎¹, 川瀬 頌一郎¹, 川田 哲平¹, 渡辺 幸信¹, 新倉 潤², 水野 るり恵³,
友野 大⁴, 石田 勝彦⁵, Adrian Hillier⁶

¹九大, ²理研, ³東大, ⁴阪大, ⁵KEK, ⁶ラザフォードアップルトン研

宇宙線負ミューオン起因ソフトエラー発生確率の高精度な推定に向けて、英国 Rutherford Appleton Laboratory において Si における負ミューオン原子核捕獲反応からの放出軽荷電粒子エネルギースペクトルを測定した。その後、アンフォールディング法による初期エネルギースペクトルの推定を行った。

キーワード: ミューオン原子核捕獲反応, ソフトエラー, 軽荷電粒子, エネルギースペクトル,
アンフォールディング

1. 緒言

宇宙線ミューオンが電子機器内部の半導体デバイスに入射して発生する一過性の誤動作を宇宙線ミューオン起因ソフトエラーと呼ぶ。ソフトエラーに対して負ミューオンは正ミューオンと異なる寄与があることが調べられており、その発生確率の高精度な推定には Si における負ミューオン原子核捕獲反応からの放出軽荷電粒子のエネルギースペクトルが必要である。そこで、我々はこのスペクトルを実験により測定した。また、取得した測定エネルギースペクトルは Si 標的内でのエネルギー損失により歪んでいるため、アンフォールディング法により測定エネルギースペクトルから初期エネルギースペクトルの推定を行った。

2. 実験及び解析方法

実験は英国 Rutherford Appleton Laboratory の加速器施設 ISIS Neutron and Muon Source にて行った。加速器を用いて生成した負ミューオンを Si 標的に照射し、Si における負ミューオン原子核捕獲反応から放出される陽子、重陽子、三重陽子、 α 粒子のエネルギースペクトルを測定した。測定において、低エネルギー粒子は nTD-Si 検出器を用いた波形解析法^{[2][3]}によって、高エネルギー粒子は Si 検出器及び CsI シンチレータを用いた ΔE -E 法によって、粒子の検出と識別を行った。その後、標的内部でのエネルギー損失が大きい低エネルギー粒子の測定エネルギースペクトルについては、シミュレーションにより検出器の応答関数を作成し、RooUnfold^[4]ライブラリを用いたアンフォールディングによる初期エネルギースペクトルの推定を行った。結果として、本研究では先行研究より広範囲なエネルギー領域での測定に成功し、エネルギーの重なる領域では先行研究と概ね一致していることが確認できた。本発表では、実験結果及びデータ解析について報告する。

参考文献

- [1] S. Manabe et al., IEEE Transactions on Nuclear Science, 65, 1742-1749 (2018).
- [2] M. Assié et al., The European Physical Journal A, 51, 1-11 (2015).
- [3] S.Kawase et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 1059, 168984 (2024).
- [4] L. Brenner et al., International Journal of Modern Physics A, Vol. 35, No. 24, 2050145 (2020).

*Kentaro Kitafuji¹, Shoichiro Kawase¹, Teppei Kawata¹, Yukinobu Watanabe¹, Megumi Niikura², Rurie Mizuno³, Dai Tomono⁴,
Katsuhiko Ishida⁵ and Adrian Hillier⁶

¹Kyushu Univ., ²RIKEN, ³UTokyo, ⁴Osaka Univ., ⁵KEK, ⁶RAL