

ミュオン特性 X 線イメージングのための SOI 検出器開発 Development of SOI detector for imaging of muonic x-rays

○梅垣 いづみ^{1,*}, 西村 龍太郎²

¹○高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 ミュオン科学研究系
〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 203-1

²高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 放射光
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

Izumi UMEGAKI^{1,*} and Ryutaro NISHIMURA²

¹Muon Science Laboratory, Institute of Materials Structure Science,
High Energy Accelerator Research Organization,
203-1 Shirakata, Tokai, Ibaraki 319-1106, Japan

²Photon Factory, Institute of Materials Structure Science,
High Energy Accelerator Research Organization,
1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

1 はじめに

素粒子物理学の実験や放射光で高い実績をあげている、SOI(Silicon-on-Insulator)ピクセル検出器(SOPIX)の一種である INTPIX4 を用いて、中性子、ミュオン、そして負ミュオンを照射して発生するミュオン特性 X 線などの量子ビームのイメージングを実現しようと取り組んでいる。SOPIX 検出器は半導体検出器の一種で、粒子検出を担うセンサーと信号処理回路が高度な半導体製造技術によって一体化したものである。現代の高エネルギー加速器実験などで主流の半導体ピクセル検出器と比べて放射線耐性が高く、低物質量化(=高分解能化)が可能であり、次世代の主流を担う検出器として KEK を中心とした SOPIX グループで開発されてきた[1]。

ミュオン特性 X 線の計測は、物質深部の元素分析に応用できる。検出器の主流は Ge 半導体検出器であるが、エネルギー分解能が高い一方でイメージング能力がない。INTPIX4 を用いれば、位置とエネルギーの高精度測定を両立した上で、ビーム強度を制限することなく微小試料の精密測定が可能となることが期待される。

特に、リチウムのミュオン特性 X 線は Ka 線のエネルギーが 18.7 keV で、シリコンの検出効率を活かせるエネルギー領域である。今年度は、J-PARC で金属リチウムの単体を用いて、リチウムのミュオン特性 X 線を検出する実験を、INTPIX4 を用いて実施した。使用した INTPIX4 についてエネルギーキャリブレーションを実施するため、PF BL-14A の単色 X 線を用いた応答特性データ測定を行った。

2 実験

INTPIX4 のエネルギーキャリブレーションをするために、放射光実験施設 (Photon Factory, PF) の BL-

14A で実験を実施した。使用したエネルギーは 12keV 単色光で、ビーム径を約 10 μm (FWHM)に絞って INTPIX4 ピクセルアレイ上の特定ピクセルに入射し、これに対する出力電圧応答を記録した。

3 結果および考察

図に検出器の出力電圧と電荷量の関係を示す。傾きが 1 電子あたりの電圧を表す。これより INTPIX4 の電荷応答特性は 7~8 $\mu\text{V}/\text{e}$ であり、これを、J-PARC で検出された信号に当てはめるとエネルギー 18 keV 付近に相当することから、リチウムのミュオン特性 X 線を検出したと結論づけられた。

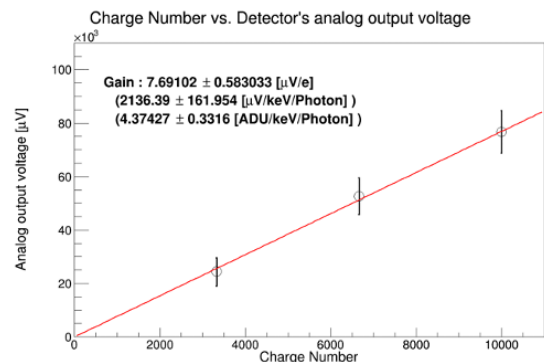


図 1 : 出力電圧と電荷量の関係。

4 まとめ

PF-14A において SOI 検出器のエネルギーキャリブレーションを実施し、リチウムのミュオン特性 X 線を検出したことを確かめることができました。

謝辞

PF の装置担当者の皆様に感謝します。

参考文献

- [1] S. Mitsui et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, 953, 163106 (2020).

成果

1. 西村龍太郎ら「PF 開発の SOIPIX 検出器撮像システムのミュオン特性 X 線測定への応用」日本物理学会 第 78 回年次大会 17pA102-7

* umegaki@post.kek.jp