

## 全反射中性子線を利用したガンマ線分析法による 薄膜太陽電池中のナトリウム分析

Distribution analysis of sodium in thin-film solar cells by using total reflection neutrons

水沢 多鶴子<sup>1)</sup>

Tazuko Mizusawa

山崎 大<sup>2)</sup>

Dai YAMAZAKI

桜井 健次<sup>3)</sup>

Kenji SAKURAI

<sup>1)</sup>総合科学研究機構

<sup>2)</sup>原子力機構

<sup>3)</sup>イメージング物理研究所

### (概要)

Cu-(In,Ga)-Se 系などの薄膜太陽電池では変換効率向上のためドーパされるナトリウム、カリウムなどの軽金属の薄膜内の挙動に関心が持たれている<sup>1)</sup>。本研究では、全反射中性子線誘起ガンマ線分光法 (Total reflection neutron induced Gamma-ray spectroscopy, TN- $\gamma$ )<sup>2,3)</sup> の適用可能性を探ることを目的としている。本手法については J-PARCMFLF において開発を進めてきているが、JRR-3 の単色中性子線を用いると、特定の界面に局在する元素に関して、さらに分解能の高い検出ができる可能性がある。

**キーワード**：電極／電解質界面、吸着構造

(1行あける)

### 1. 目的

単色中性子を用いた TN- $\gamma$  法を確立するための最初の段階として、本実験では、信号強度やバックグラウンド等、今後の実験を企画するうえで重要な情報を余さず取得する。

### 2. 方法

本実験では MUSASI-L において行う。全反射中性子線誘起ガンマ線分光法では、中性子の全反射を利用するため、0.1~0.3mm の狭い幅の中性子を用いる点に特色がある。本実験では、モデル試料の表面近傍に、側面方向から狭く制限した中性子を照射し、その際に得られる試料からの  $\gamma$  線スペクトル、および中性子を照射しない条件下でのバックグラウンド  $\gamma$  線スペクトルを検出器 (KromeK 社 CdZnTe 半導体検出器、GR1A) によって測定する。

### 3. 結果及び考察

本実験では、信号強度の見積もりを行うことを目的として、ナトリウムやカリウムと比較して即発ガンマ線の発生の散乱断面積が約 3 桁上回るサマリウム金属のペレットを用いた。図 1 は、MUSASI でシャッターを閉じた状態でのバックグラウンド  $\gamma$  線スペクトル (b) および、シャッターを開けて、0.2mm 幅の狭いスリットを通過した中性子が試料を照射したときの  $\gamma$  線スペクトル (a) をあわせて示す。測定時間で規格化しており、両者の強度は同じスケールで議論できる。<sup>149</sup>Sm による 2 つのピーク (335.4, 439.5) が検出された。479keV のピークはスリット等装置周辺の <sup>10</sup>B 由来、512.2 keV は対消滅  $\gamma$  線ピークである。信号対バックグラウンド比は、おおむね 2:1 である。ビームサイズを中性子イメージングプレートで実測した結果、4mm 幅であり、中性子全反射を試みる場合には、スペクトルは 1/20 程度になる可能性がある。更に、中性子シャッター閉の時のバックグラウンドの寄与も大きく、散乱断面積が <sup>149</sup>Sm より 3 桁以上小さいナトリウムやカリウムに適用するには、まずバックグラウンドの大幅な低減が必要と考えられる。今後は、以上の点を考慮に入れ、単色中性子による TN- $\gamma$  測定に取

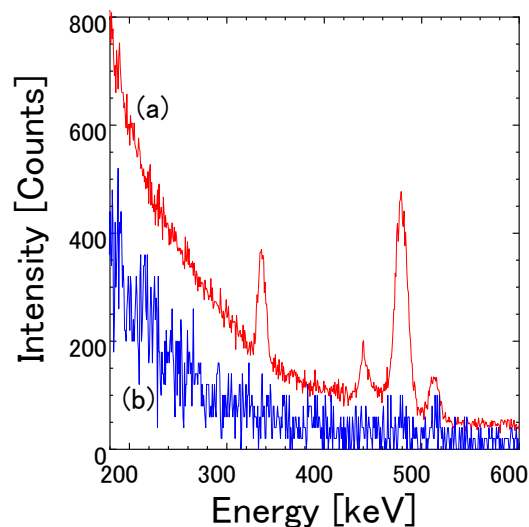


図 1 (a) Sm 金属ペレット試料の  $\gamma$  線スペクトル。測定時間 4000 秒、(b) シャッター閉状態のバックグラウンドスペクトル。測定時間 200 秒のデータを 20 倍して表示。

り組んでゆく。

#### 4. 引用(参照)文献等

- 1) Chirilă, A., Reinhard, P., Pianezzi, F. et al. “Potassium-induced surface modification of Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> thin films for high-efficiency solar cells.” *Nature Mater* 12, 1107–1111 (2013). <https://doi.org/10.1038/nmat3789>
- 2) Emanuel Schneck, Michael Jentschel, Christian Gege, Motomu Tanaka, and Bruno Demé, “Grazing-Incidence Neutron-Induced Fluorescence Probes Density Profiles of Labeled Molecules at Solid/Liquid Interfaces”, *Langmuir*, 29, 4084–4091(2013). DOI: 10.1021/la400162y
- 3) 水沢まり, 桜井健次, 山崎大、及川健一、原田正英、伊藤崇芳、”深く埋もれた機能界面の元素分析：全反射中性子線の利用”、応用物理学会第 81 回秋季学術講演会、2020.