

[2023101001]

中性子インビームメスバウアー分光法のノイズ低減 Noise Reduction in Neutron In-beam Mössbauer Spectroscopy

久保謙哉^{#A)}, 小林義男^{B)}, 吉田実生^{B)}, 渡辺裕夫^{B)}, 佐藤渉^{C)}, 宮崎淳^{D)}, 三原基嗣^{E)}, 長友傑^{F)},
M. Kenya Kubo^{#A)}, Yoshio Kobayashi^{B)}, Mio Yoshida^{B)}, Yasuo Watanabe^{B)}, Wataru Sato^{C)}, Jun Miyazaki^{D)},
Mototsugu Mihara^{E)}, Takashi Nagatomo^{F)}

^{A)} International Christian University, ^{B)} University of Electro-Communications, ^{C)} Kanazawa University,
^{D)} Tokyo Denki University, ^{E)} Osaka University, ^{F)} RIKEN

Abstract

Neutron in-beam Mössbauer spectroscopy provides information about the chemical and physical states of the iron atoms containing a highly excited nuclei after nuclear reactions. A new noise reduction method developed in the last ten years for in-beam Mössbauer spectroscopy at a heavy ion accelerator facility is aimed to apply for neutron in-beam Mössbauer spectroscopy. A newly devised measurement system suspended by aluminum frame in the PGA measurement system was installed. A Mössbauer spectrum of a stainless foil was successfully observed.

Keyword: In-beam Mössbauer spectroscopy, ⁵⁷Fe, Neutron

1. はじめに

粒子ビームを用いる物質研究において、中性子を用いて物質の物理的・化学的性質を解明する方法は、中性子が物質通過中に放射線損傷を与えない、また荷電粒子の放出がない(n,γ)反応を利用すれば、核反応後の放射線による変化も少ないため、試料の化学的性質を損なうことなく、中性子捕獲反応という極端に高励起された原子核をふくむ原子の起こす科学反応とその緩和過程を研究できる。ホットアトム化学として長らく研究が行われていたが、生成物の分析のために試料を破壊する必要があるため、固体中でのホットアトム化学の研究はほぼ終了している。

我々は⁵⁶Fe(n,γ)⁵⁷Fe反応によって生成する寿命140 nsの⁵⁷Fe励起核を用いるインビーム⁵⁷Feメスバウアー分光法に着目した。メスバウアーγ線は試料を容易に透過するために、試料を破壊すること無く内部のFe原子の化学的・物理的状態を測定できるという大きな利点があり高励起原子の化学解明に利用することができる。東日本大震災時まで世界唯一の中性子インビーム⁵⁷Feメスバウアー分光装置を構築していた[1-4]。JRR3停止期間中に重イオン加速器施設(HIMAC)で、重イオン核反応によって生成する⁵⁷Mnを親核とする⁵⁷Feインビームメスバウアー分光法において、背景β線に起因するノイズを低減してSN比を10倍改良する手法を開発し[5]、種々の物質に応用してきた。JRR3の中性子インビームメスバウアー分光法においても同様のノイズ低減ができると考えられる。新手法を適用する前に、まず過去の実験データを再現することを試みている。

2. 実験

中性子インビームメスバウアー分光測定は、JRR3 PGAポート筐体内部に測定試料のみならず、メスバウアーγ線測定用共鳴内部転換電子検出平行平板電子雪崩検出器を設置し、高圧電源、信号処理回路などとの接続やメスバウアー測定用リニアモータ等を配置する必要がある。長期休止前と比較して、PGA

ポートが放射化分析の大幅な利便性向上のための試料交換ロボットや上部ガイド部分などが設置されている。インビームメスバウアー測定装置の設置はPGA自動化装置の解体と、メスバウアー分光用機器セットアップと制約された筐体内での幾何学的配置の工夫、狭い空間での鉛遮蔽の形状変更と設置位置の適正化、高圧電源および放射線計測系および外部からの電磁ノイズの対策等、中性子インビームメスバウアー分光法研究開始時と同様な試行錯誤が必要となった。またPGA筐体内部はほぼテフロンで内張されており、種々の機器を再現性よく設置することが困難なため、試料や測定機器類を筐体上縁部からアルミフレームを用いて懸架する方法を採用した。

3. 結果と考察

インビームメスバウアー分光法は、イベントレートが低く、一つのデータ集積に数時間以上を要するため、一回の設定変更とデータ集積で半日程度の時間を要しながら、種々測定系を改善していくことにより、Fig. 1に示すように昨年度よりもSNのよいシングルピークを示すステンレス箔の⁵⁷Fe中性子インビームスペクトルが得られ、過去のデータを再現されつつある。

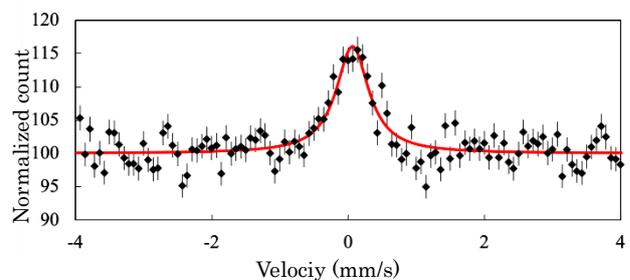


Figure 1. Neutron in-beam Mössbauer spectrum of a stainless foil.

来年度以降は、物質科学への応用を進めるために、低温測定用のクライオスタットを設置することと、重イオンビーム施設で用いているプラスチックシン

[2023101001]

チレータを併用して β 線に起因する雑音を低減する
手法に着手する.

参考文献

- [1] M. K. Kubo et al., *Hyperfine Interact.*, 166 (2005) 425.
- [2] Y. Kobayashi et al., *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 272 (2007) 623.
- [3] Y. Kobayashi et al., *Hyperfine Interact.*, 182 (2008) 1135.
- [4] Y. Kobayashi et al., *Hyperfine Interact.*, 198 (2010) 173.
- [5] T. Nagatomo et al., *Nucl. Instr. Meth. B*269 (2011) 455.