ToF 中性子回折イメージング用高分解能シンチレータ検出器の開発

High-resolution scintillation neutron detector for ToF neutron diffraction imaging

*中村　龍也[1]，川崎　卓郎[1]，藤 健太郎[1]，筒井 紀彰[1]，
海老根 守澄[1]，美留町　厚[1]，坂佐井 馨[1]
[1]日本原子力研究開発機構

J-PARC のパルス中性子を用いた回折イメージングへの応用のため約 200 ミクロンの位置分解能をもつ中性子カウンティング型の 2 次元シンチレータ中性子検出器を開発した。発表では検出器の設計、基礎特性、回折イメージ測定例等について報告する。

キーワード：中性子回折イメージング、2 次元シンチレータ中性子検出器、高位置分解能、J-PARC

1. 緒言

中性子を用いたエネルギー選別型イメージングは試料深部の格子ひずみ、結晶方位、配向等の位置分布に関する情報を非破壊かつ定量的に評価できるユニークな測定手法である。パルス中性子を用いた測定法では、試料の透過イメージを取得しブラッグエッジを利用して解析する方法や幅を持ったビームを入射し回折イメージ像を評価する方法等がある。現在、我々は後者のセットアップにおけるパルス中性子を用いた飛行時間測定型の回折イメージングの検証[1]を進めておりそのための検出器を開発している。この実験で必要となる 2 次元検出器の性能は概して位置分解能 <500 μm、時間分解能 <5 μs、ガンマ線感度 $<10^{-6}$、有感面積 <50x50 mm² 角であるが測定試料や回折測定の実験セットアップによって異なるためこれらに柔軟に対応できるシンチレータと波長シフトファイバを用いた検出器[2]を基礎として試験機を開発した。本方式の検出器ではヘッド構造がシンプルであることから様々な要求に対して柔軟かつリーズナブルなコストで対応できる。

2. 高分解能 2 次元シンチレータ中性子検出器

J-PARC MLF での回折イメージング試験に対応するため位置分解能の異なる検出器を 2 つ用意した。それらは分解能 200 μm と 500 μm のタイプで有感面積はそれぞれ 24 mm 角、60 mm 角である。図 1 に前者の検出器システムの写真を示す。両者ともに検出ヘッドは 1 枚の ^{6}Li:ZnS シンチレータの下流に波長シフトファイバアレイを x、y 方向に配置した構造をもちコインシデンスにより中性子位置を算出する。要求仕様に応じてシンチレータの厚さや波長シフトファイバの直径等を選択してヘッドを構成し、必要となる回路・信号処理群をまとめ実使用に耐える堅牢な検出器システムとした。200μm タイプの検出器は検出効率 7%（1.8Å）、^{60}Co ガンマ線感度 1×10^{-6} であった。図 2 は 200μm 分解能の検出器で測定した電磁鋼板試料の TOF 回折イメージ例である（検出器は試料から 2θで 90 度、7cm 位置に設置）。試料中の結晶粒からの回折スポットを分離して測定できていることがわかる。

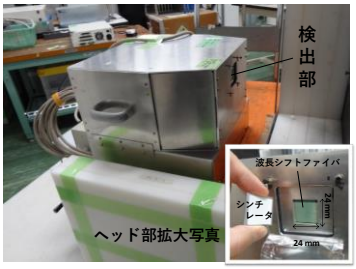

図 1 200μm 分解能の検出器システム

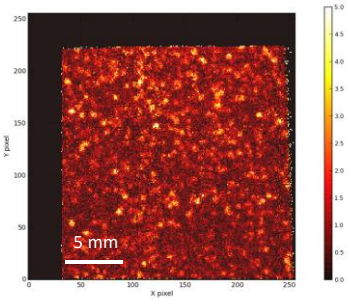

図 2 ToF 中性子回折イメージ測定例
（電磁鋼板の(110)面ブラッグ反射）

参考文献

[1] T. Kawasaki, et al., Physica B : Cond. Matt. 551 (2018) 460.
[2] 中村他、原子力学会 2015 春の大会 N46

*Tatsuya Nakamura[1], Takuro Kawasaki[1], Kentaro Toh[1], Noriaki Tsutsui[1], Masumi Ebine[1], Atsushi Birumachi[1] and Kaoru Sakasai[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency