

中性子反射率計 SOFIA における集光ミラー・検出器開発 6 Development of Focusing Mirror and Detector for Neutron Reflectometer SOFIA (6)

山田悟史¹, 細畠拓也², 日野正裕³, 藤原健⁴,
堀耕一郎^{1,5}, 根本文也^{1,6}, 佐藤節夫¹, 山形豊²
¹KEK, ²理研, ³京大, ⁴産総研, ⁵住友ゴム, ⁶防衛大

中性子反射率法は物質の界面で反射された中性子を計測し、その干渉から数 nm～数百 nm スケールにおける深さ方向に対する散乱振幅密度の分布を観察する手法である。中性子は物質透過性が高く、物質に内在する「埋もれた界面」を容易に評価することが可能な上、重水素化ラベル法を用いることによって特定の部位にコントラストを付けて観測できるというメリットがある。

J-PARC MLF の BL16 に設置された試料水平型中性子反射率計 SOFIA は大強度パルス中性子ビームを生かした短時間測定と低いバックグラウンドを特徴とする装置である。また、2 次元検出器を利用した入射角分布の補正や非鏡面反射測定やダブルフレームモードを利用した時分割測定における wide-Q 領域測定、測定プログラムにおける入射ビーム強度に対する最適化や試料アライメントの自動化などを実装しており、高いスループットと利便性を兼ね備えている。一方、光学系や検出器についてはそれぞれダブルスリットコリメーションと⁶LiF/ZnS シンチレーターを採用したコンサバティブなもので、改良の余地が残されている。これに対し、我々は現在集光ミラーによる光学系、および¹⁰B コンバーターと GEM を組み合わせた検出器の開発を行っている。

集光ミラーによる光学系は一次元楕円ミラーを用いて試料集光を行うことにより、小さな面積の試料に対して大きな発散のビームを利用することを目的とする。これは、ビームサイズと同時にビーム発散も同時に小さくする必要があるダブルスリットコリメーションに対する大きなアドバンテージで、固液界面など試料の一部にしかビームを照射できないような測定において測定効率の向上が期待できる。我々は、集光ミラーの素材として NiP めっきを施したアルミ材を採用し、半値全幅 0.13 mm のビームサイズを達成することに成功し、ユーザーへの利用を開始した。検出器については¹⁰B のバックアップとして開発していた FRP 検出器の実用化に成功した。この検出器は浜松ホトニクスより販売されているフラットパネル型マルチアノード光電子増倍管(有感領域 48mm 角)を抵抗アレイで接続した受光部と⁶LiF/ZnS シンチレーターを組み合わせたもので、既存の RPMT 検出器と同じ検出回路を用いることができる。これにより有感領域は 4 割ほど減少したものの、反射率測定には十分なサイズで、位置分解能の向上やシンチレーターの最適化による検出効率向上を達成できた。

当日の講演では、最新版の集光ミラー、および新しい FRP 検出器の評価結果について発表する予定である。