

ヴィジュアルな中性子反射率法の開発 Visualization in neutron reflectivity

桜井健次^{1,2)}、水沢まり¹⁾、Vallerie Ann Innis-SAMSON²⁾

Kenji SAKURAI, Mari MIZUSWA, Vallerie Ann Innis-SAMSON

¹⁾物質・材料研究機構 ²⁾筑波大学

本研究では、画像再構成法のアルゴリズムを用いる新規のヴィジュアルな中性子反射率法の開発を行っている。本課題は、原子炉の運転中断・検査のため、残念ながら、本年度は実質的に実施できなかったが、そのなかでも、前期運転の最終日に、半日とは言えビームを使用する機会に恵まれた。そこで、購入したばかりの中性子検出器およびA/D変換機等の信号処理エレクトロニクスの基本的な性能確認と較正を行った

キーワード: reflectivity, surface, interface, thin films, multilayer, detector
(1行あける)

1. 目的

中性子およびX線反射率法は、薄膜・多層膜の深さ方向の散乱長密度分布を非破壊的に解析し、各層の膜厚や密度、表面・界面のラフネス等のパラメータを決定できる技術である。通常、微小角で数 \sim 10 cm^2 (中性子)あるいは $\text{nm}^2\sim\text{cm}^2$ (X線)のような広面積に照射させて測定が行われており、サンプルがその面積のレベルで均一で、測定結果が良い代表値を与える(「木を見ずとも森を見ればすむ」という前提が成立し、さらに時間的に安定である場合については問題ないが、そうでないケースへの適用に制約があった。以前であれば、“木を見て森を見ない”リスクを回避することの利”だけでも有意義であったが、最近では、サンプル内での個々の場所における層・界面の構造の違いを議論することが避けて通ることができなくなっている。本研究では、中性子反射率法の測定技術に空間分解能を持たせ、visualization を初めて実現することを目的とする。

2. 方法

空間分解能を持たせ visualization を実現するための最も単純明快な方法は、小さく成形したビームを使用することであるが、中性子源のように、必ずしも十分な強度を取れるわけではない条件下では、ビームを限りなく切り取って小さくしたのでは実験に必要な強度が取れなくなってしまう。そこで、微小ビームを作る技術開発の方向とはまた別に、中性子ビームを小さく切り刻むことなく、大きなビームを利用して信号の統計精度を稼ぎつつ、数学的なアルゴリズムによってvisualization を行う方向が重要と考えられる。こうした画像再構成法は、中性子散乱の分野ではあまり有名ではないと思われるが、微弱な可視・紫外光やX線・ γ 線のイメージング技術としては知られており、当研究室においても、過去に微小ビームを用いない蛍光X線イメージングの方法として研究した経験がある^{1,2)}。中性子反射率法へ適用については、中性子科学会でポスター発表した³⁾。

3. 研究成果

本課題は、原子炉の運転中断・検査のため、残念ながら、本年度は実質的に実施できなかったが、そのなかでも、前期運転の最終日に、半日とは言えビームを使用する機会に恵まれた。そこで、MUSASI-Lにおいて、購入したばかりの中性子検出器およびA/D変換機等の信号処理エレクトロニクスの基本的な性能確認と較正を行った。MUSASI-Lからのビームを小さく制限し、その位置と強度を計測した。検出器は東芝製He3検出器(1/2インチ径、60cm長さ)である。その両端に電荷感応型プリアンプ(サンシン電機製)およびアンプ(応用光研)を接続し、ADC(岩通計測製)を介して、信号を取得した。計測・較正は問題なく行えたが、バックグラウンドが予想以上に高いことが印象に残った。反射率の測定は、入射中性子ビームの光軸に近いところに検出器を設置しなければいけないことから、専用の遮蔽容器を準備し、そこに収納して行うべきであろう。

4. 結論・考察

今回、MUSASI-Lにて、初めての実験を経験することができたおかげで、今後の実験に際し、機器の持ち込み等にあたり事前に考慮すべき事項が明らかになった。この半日以外にはビームタイムを利用する機会がなかったので、本課題は実質的に実施できなかったが、次年度以後に良い成果を挙げたい。

5. 引用(参照)文献等

1) K. Sakurai et al, Jpn. J. Appl. Phys. 27, L1768-L1771 (1988). 2) A. Iida et al., Rev. Sci. Instrum. 60, 2458-2461 (1989), 3) 桜井、日本中性子科学会第8回年会(2008年12月、名古屋大学) P3-31