

京大原子炉:多層膜中性子干渉計/反射率計 (C3-1-2 MINES)

装置責任者：日野 正裕 (京都大学原子炉実験所)

MINE は、比較的幅の広い波長分布を持ったビームラインである MINE1 と単色冷中性子ビームラインである MINE2 の2つからなる。MINE1 には MIEZE 及び NRSE 型中性子共鳴スピネコー装置を開発中で、MINE2 には冷中性子反射率計及び冷中性子スピン干渉計が設置されている

1.装置の概略

ベンダー部

3Q₀スーパーミラーのベンダーにより NOP と MINE の2つのビームラインに分ける。MINE はさらに MINE-1 と $d=100\text{\AA}$ の多層膜モノクロメータにより単色化された MINE-2 に分かれる。

NOP ライン	ベント角 16° (4回反射)
MINE1 ライン	ベント角 24° (6回反射)
MINE2 ライン	ベント角 32° (8回反射)

ビームライン部

・ MINE1

ガイド長	Ni ミラー 2.7m
波長	8.1Å 以上
強度	1×10 ⁶ n/cm ² s@ガイド出口 1×10 ³ n/cm ² s@試料位置(単色: $\lambda=8.1\text{\AA}$, $\delta\lambda/\lambda\sim 10\%$, $\phi=3\text{mm}$)
MIEZE/NRSE 型共鳴スピネコー分光器	RSF(0.4~600kHz で駆動) RSF 間距離 0.5m (可変) エネルギー分解能(フーリエ時間): $\tau=1.4\text{ps}\sim 2\text{ns}$ 2次元 PSD($\phi=100\text{mm}$) ³ He 検出器

・ MINE2

モノクロ	$d=100\text{\AA}$
波長	8.8Å ± 2.7%(FWHM)
反射率計	60cm 検出器アーム(可変) 中性子強度 4000cps : 1mm-1mm slits 15000cps: 2.5mm-2.5mm slits 最小反射率 2×10^{-6} 真空加熱装置 室温 ~ 200°C
スピン干渉計	ガイド磁場 5~30 Oe ³ He 検出器

2.装置の制御

ベンダー部

通常は操作する必要はない。

ビームライン部

・ MINE1 MIEZE 型スピネコー分光器

MIEZE (Modulated Intensity by Zero Effort) という時間ビート型及び共鳴型のスピネコー分光器建設及び特性試験を行っている。RSF (Resonance Spin Flipper:共鳴スピンフリップパー) の高周波駆動のため目指し、大容量電力増幅器、マッチャー及び大電流直流電源(250A 60V)と空冷・水冷制御システムが整備されている。これらには温度・水流をモニターするインターロック機構がついている。検出器には ⁶LiF グラスシンチレーターを備えた $\phi=100\text{mm}$ (位置分解能 1mm、実効面積 85×85mm²) の光電子倍增管と He-3 があり、モーター36軸および直流電源電を GPIB を介して LabVIEW で制御している。-20~200° の温度制御、一定の処理をまとめてファイルに記述し、順次実行するバッチ処理も可能である。

・ MINE2 反射率計

垂直型の反射率計で、2x2cm²~10x10cm² に対応した試料ホルダーを用意している。モーター10軸に対する値設定とスキャンが可能である。一定の処理をまとめてファイルに記述し、順次実行するバッチ処理及び試料の温度調節も対応可能である。

・ MINE2 スピン干渉計

モーター20軸 (上流部のスリット 8軸含む)、直流電源 15台及び 2CH の発信機に対する値設定およびスキャンが可能。バッチ処理にも対応している。ビームラインに沿って光学ベンチが設置されており、装置の配置等自由に変更することができる。

3.装置の特色

MINE は Neutron Multilayer Interferometer Reflectometer の略である。新しい分光法の開発として、共鳴中性子スピネコー分光器を MINE1 に、また、冷中性子反射率計及び冷中性子スピン干渉計を MINE2 に設置している。MINE1 および MINE2 での実験は平行して行うことができる。MINE の特徴は、入射中性子が長波長なことと装置設計の自由度にある。その自由度を活かして、MIEZE 型をはじめとした共鳴スピネコー分光器の開発や冷中性子多層膜干渉計開発を行っている。

冷中性子多層膜干渉計開発において、2 経路を完全分離可能な Gap 幅 $200\mu\text{m}$ の Jamin 型の冷中性子干渉計の開発成功をはじめとした大きな進展があるが、ここでは物性試料の共同利用実験の観点から、MIEZE 分光器について焦点をあてる。MIEZE 型共鳴スピネコー装置は中性子共鳴スピネコー法 (NRSE) の一種であり、時間的に振動するシグナルが得られるが、測定する物理量は通常のスピネコー同様 $S(\mathbf{q}, t)$ であり、その分解能はフーリエ時間 (τ) で記述出来、試料—検出器の距離、RSF 振動数、入射波長の 3 乗に比例する。しかし、試料—検出器間にいっさい光学素子を必要としないため、試料環境の自由度が大きく、小角散乱や反射率法にもそのまま適応可能である。MINE では 1MHz の時間ビートシグナルまで観測した。現在、試料—検出器間距離が 0.5m の時、RSF 振動数を 0.4kHz ~ 0.6MHz と変化させることで $\tau = 1.4\text{ps} \sim 2\text{ns}$ 、さらに 0.5m を変化させることで 4 桁以上のダイナミックレンジを達成している。また、スピNFLIP 散乱を利用して核散乱と磁気散乱を分離測定することで、超常磁性緩和の測定に成功しており、通常の NSE では非常に難しいサンプル位置で磁場をかける実験も MIEZE 分光器では容易実現可能である。

その他、 $5Q_c$ の多層膜磁気ミラーをはじめとする各種偏極デバイスも容易に使える環境にある。このため、スピネコーの実験だけでなく、低速中性子を用いた光学実験、中性子光学デバイスの機能チェック、偏極中性子ビームの精密制御を行える。その他、入射ビーム系の特徴を活かしてポテンシャルの低い物質の中性子反射実験にも力を発揮している。

4.装置の全景

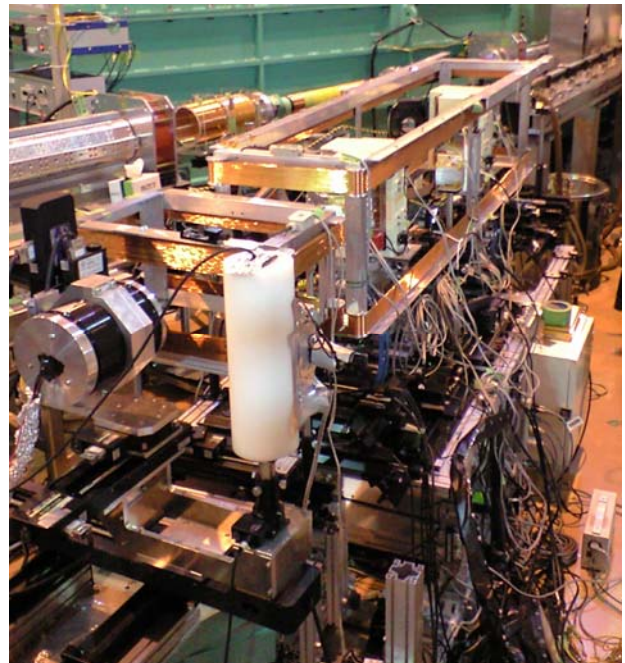


写真1: MINE1 MIEZE型スピネコー分光器

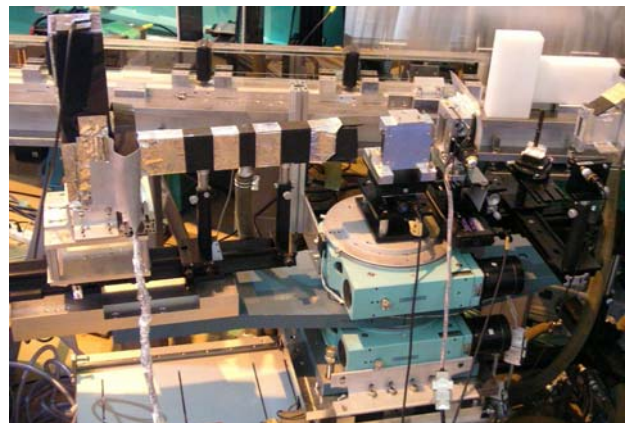


写真2: MINE2 冷中性子反射率計



写真3: MINE2 冷中性子スピン干渉計