

<新機種紹介>

SQUID 磁化率計

理学部物理学科 元屋 清一郎

1. はじめに

昭和62年度概算要求設備として購入したSQUID磁化率計について説明し、学内研究者の利用を呼びかけます。お急ぎの方は途中省略して4からお読み下さい。

2. 磁化率計について

磁化率（帯磁率）とは物質の磁場に対する応答の強さを表す尺度であって、物性物理をはじめとする物質科学、材料工学等広い学問分野での基本的な情報の一つです。それを測定する磁化率計にも対象とする広範囲の物質や目的に応じて多くの種類があります。

磁化率（あるいは磁化）の測定方法はその原理によって、

- (1) 磁束変化に伴う誘導起電力を測定する方法
「電磁誘導法」（例）振動試料型磁化率計
- (2) 不均一磁場中に置いた試料に働く力を測定する方法
「ファラデー法」（例）磁気天秤
- (3) 試料によって生ずる磁場を静磁気学的に測定する方法
（例）無定位磁力計

に分類できます。ここで紹介するSQUID磁化率計は上記分類の(1)に属し、検出コイル内の試料移動に伴う磁束変化から試料の磁化の大きさを求めます。従来の磁化率計との違いは、検出コイルを流れる誘導電流をSQUID（Superconducting Quantum Interference Device：超伝導量子干渉素子）に磁束として伝達し、これを磁束量子（ $\phi=2.07 \times 10^{-15} \text{Wb}$ ）を単位として極めて高感度に測定する点にあります。

3. 装置の概要

購入した装置は、米国Quantum Design社製Magnetic Property Measurement System（MPMS）です。この装置は、

- 超伝導マグネット
- SQUID検出システム
- 試料駆動制御部
- 試料温度制御部
- 超低温容器
- コンピューターシステム

等から構成されており、広範囲の温度、外部磁場下における試料の磁化を迅速かつ精密に自動測定するための機能を備えています。主な仕様は表の通りです。磁化の検出感度が従来の磁化率計に比べてはるかに高く、磁化率の小さな物質でも微量で測定可能な点が第一の特長ですが、ダイナミックレンジ（測定量の最小値と最大値の比）が大変広いことも大きな特長です。重さの測定で言いますと、1グラムから3万トンまでの物を1台で計れるハカリに例える事ができます。一定の磁場中で5K-300Kの範囲で温度を変化させながら測定する実験の場合、1点当たり要する時間は10分程度です。測定のパラメータをあらかじめプログラムしておけば試料交換時までの自動測定が可能です。

4. 使用状況と問題点

この装置は超伝導磁石、SQUID素子を冷却するため運転中常に液体ヘリウムを必要とします。装置の休止状態からの冷却に約80リットル、その後は1週おきに50リットルを補給する必要があります。分析センターの超伝導NMR装置と同じように、液体ヘリウムが残っているかぎり24時間連続

して実験します。ヘリウム使用の効率、装置の性能維持の面からはなるべく長期間連続して運転することが望ましい（通年連続運転がベスト）のです。本学には残念な事にヘリウム液化設備がありませんので液体ヘリウムは購入し蒸発ガスはやむを得ず捨てております。このため装置を運転できる時間は液体ヘリウム購入に充てられる研究費の額によって制限されます。現在までのところだいたい（1 カ月連続運転の後1 カ月休止）のペースで使用しています。これは高価な装置の有効利用という面からみますと問題です。しかし、運転に必要な経費の面からも、研究のアイデアと試料を準備する時間の面からもこの程度が今の限界かと思っています。（学内に共同研究者がいれば事情は別でしょうが。）

このような問題は別として、装置自体は幸い納入以来約1年半大きなトラブルも無く稼働してきました。

この装置を使用して行った主な研究は、

- (1) 金属磁性体におけるスピンの揺らぎ
- (2) スピングラスの相転移とスピングダイナミクス
- (3) スピングラスの長時間緩和現象
- (4) 反強磁性合金における垂直スピングラス成分の共存
- (5) 準結晶の電子状態
- (6) 酸化物高温超伝導体におけるフォノンエコーなどです。これらの研究の多くは他大学の方々と共同研究です。

5. 利用の呼びかけ

この装置について、学内の研究者の利用をこのような形で呼びかける事を怠っておりましたため、今まで本学の教官の方々に役立てていただける機会がありませんでした。本装置はこの種の測定装置としては珍しいほど順調に稼働しております。本来は、1年中液体ヘリウムを補給して運転すべき装置ですが、4でも述べましたように運転経費とマンパワー不足のため、今のところお休みしている期間が50パーセント程あります。

この装置は、磁化率測定装置としては万能と言ってよく、また操作も従来の高感度磁化率計に比べればはるかに簡単です。試料さえあればその日のうちに結果は出ますし、測定結果も信頼できます。

難しい事は結果が出てから考えることにして、とにかくお手持ちのアイデアと試料があれば、一度この装置をご利用ください。

Quantum Design 社製磁化率計の主な仕様

測定レンジ	±300emu
感 度	1×10^{-8} emu
試料温度	1.8K~800K
温度範囲	0.05K (300Kにて)
安定性	0.01K (4.2Kにて)
磁 場	
最高磁場	±5.5テスラ (±55,000G)
分解能	0.1G (5KG以下) 1G (55KG以下)
安定度	1ppm/時間
均一度	0.01% (検出コイル内)