



東北大学

磁化測定装置

磁化測定装置概要

磁性材料の研究開発において、磁気特性の評価は必須です。温度を一定にして外部磁場の変化に対する磁化の応答を調べる「磁化曲線 (M-H)」とや、一定の静磁場中で磁化の温度変化の様子を調べることで (熱磁化曲線, M-T)、磁性体の磁気モーメントの大きさやキュリー温度、ネール温度などの性質を知ることが出来ます。

当センターでは、3台の磁化測定装置を有しており、そのうちの2台を共同利用に供しています。SQUID (超伝導量子干渉) センサを備えた感度の高い磁化測定により、強磁性体だけでなく、反強磁性体、常磁性体や反磁性体の性質も調べることが出来ます。試料振動型磁力計では、1100 Kまでの高温測定が可能であり、鉄のキュリー温度を調べることが出来ます。また、歪ゲージを組み合わせることで、磁歪測定にも対応します。

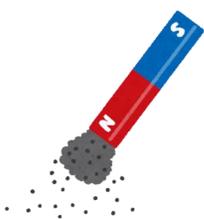
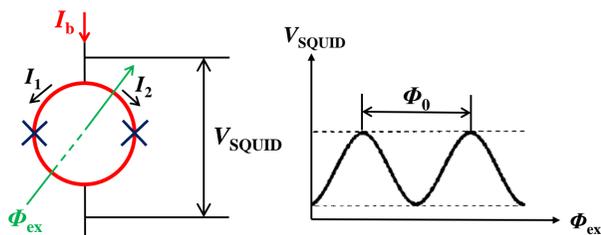


表1 各磁化測定装置のスペック

	SQUID磁束計 (超伝導量子干渉) (MPMS-5S)	試料振動型磁力計 (VSM-5)	試料振動型磁力計 (PPMS-VSM)
メーカー 型式	日本カンタムデザイン MPMS-5S	東英工業 VSM-5	日本カンタムデザイン PPMS-VSMオプション
測定感度	1×10^{-8} emu	1×10^{-5} emu	1×10^{-6} emu
測定温度範囲	1.9 – 400 K	77 – 300 K 300-1100 K	1.9 – 300 K 300 – 1000 K
磁場印加機構 最大印加磁場	超伝導マグネット 5 T (テスラ)	電磁石マグネット 1.5 T (テスラ)	超伝導マグネット 9 T (テスラ)
設置場所	2号館 2-107	2号館 2-B05	2号館 2-215

共同利用に供する装置とその測定原理

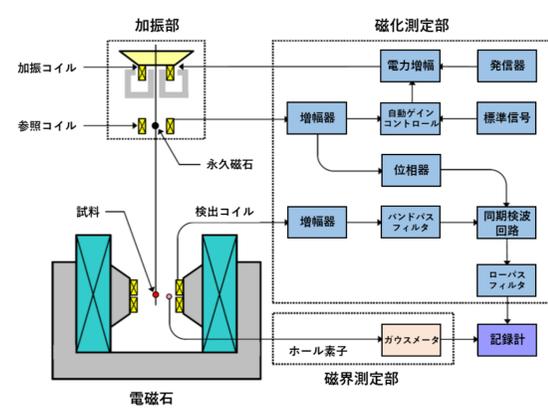
SQUID (超伝導量子干渉) 磁束計



左: SQUIDの基本回路(×はジョセフソン接合)
右: 電圧-磁束 (V-Φ) 特性

SQUIDに流せる最大のジョセフソン電流より少し大きなバイアス電流 (I_b) を定電流電源で流し、ジョセフソン接合に発生する電圧 (V_{SQUID}) を測定すると、右の図のような電圧出力が得られます。外部磁束が増えるにつれて位相差が大きくなり、SQUIDにかかる電圧は大きくなります。つまり、 V_{SQUID} の変化を通じて磁束 Φ_{ex} を検出することが出来ます。

試料振動型磁力計(VSM)



© TOEI INDUSTRY CO., LTD.

装置の構成

試料を一定周波数で振動させ、近傍の検出コイルの誘起起電力の大きさから、磁化の値を求めます。粉体・薄膜・バルクなど各種磁性材料の磁化曲線や磁化の温度変化を高精度で測定することが出来ます。

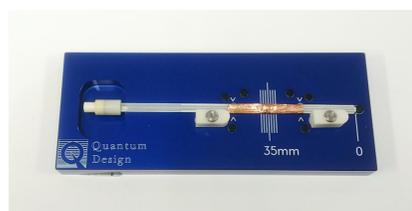
PPMS-VSMオプション

試料振動型磁力計(PPMS-VSM)



左: 検出用コイルセット
右: リニアモータートランスポート

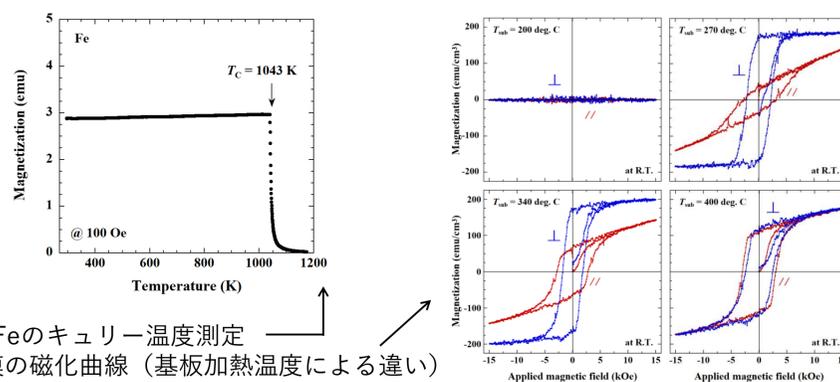
感度が高く、測定速度が速いDC磁力計です。磁場の安定を待たずに磁場を掃引しながら測定可能なため、M-H測定が短時間で行えます。試料を振動させるためのVSMリニアモータートランスポート、検出用コイルセット、ガイドチューブ、リニアモーターの制御や検出コイルからの信号を検出するためのエレクトロニクス、そして測定を自動的に制御するためのソフトウェアで構成されています。



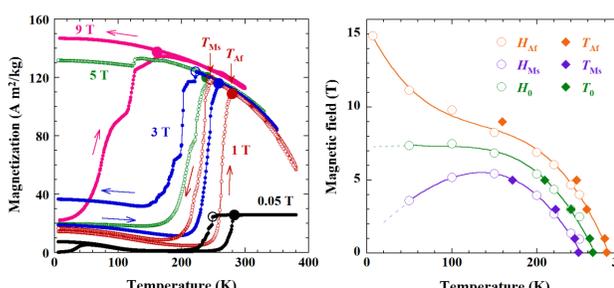
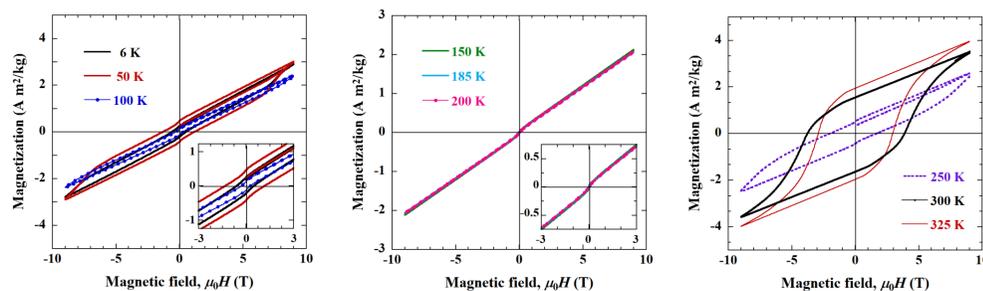
高温測定用サンプルホルダー

300~1000 Kの温度領域でVSM測定が可能です。抵抗ヒーターと温度センサーが統合された特殊なアルミナサンプルホルダーにより、試料の温度を局所的に加熱および検知します。

測定例



VSMによるFeのキュリー温度測定
MnAlGe薄膜の磁化曲線 (基板加熱温度による違い)
(R.Y. Umetsu *et al.* Mater. Trans. 62, (2021) 680)



ハーフメタル完全補償型フェリ磁性体の磁化曲線 (S. Semboshi, R.Y. Umetsu *et al.* Sci. Rep. 12 (2022) 10687)

メタ磁性形状記憶合金Ni-Co-Mn-Inの磁化曲線と相図 (金研・強磁場センターで測定したデータも含む) (R.Y. Umetsu *et al.* J. Alloys Comps. 890 (2021) 161590)