

極低温強磁場下磁化測定装置の作製

自然科学研究支援開発センター 梅尾和則

低温における磁化測定装置として、本センター低温実験部には市販の磁化測定装置 (MPMS, Quantum Design 社製) が設置されている。しかし、その MPMS の最低温度と最高磁場はそれぞれ 1.9 K と 5 T であるので、より低温、強磁場下での磁性の研究には MPMS では不十分な場合がある。そこで、1.9 K 以下の磁化測定装置として、東大物性研の榊原俊郎教授が開発されたキャパシタンスセルを用いたファラデー法による磁化測定装置[1]を作製したので、簡単に報告する。

この方法の原理を図 1 に示す。ファラデー法とは、既知の磁場勾配 dH/dz 中に置かれた磁化 M の試料に働く力 $F = MdH/dz$ を測定することで、試料の磁化を測定する方法である。キャパシタンスセルでは、この力 F を、既知のバネ定数 k のバネで吊るされた試料台の変位 $\Delta d = F/k$ をキャパシタンスの変化 ΔC に変換して測定する。 $\Delta C \propto (\Delta d)^2$ であるので、 $M \propto (\Delta C)^{1/2}$ となる。詳細は文献を参照していただきたい[1]。

今回作製したキャパシタンスセルを図 2 に示す。セルは磁場スweepに伴う発熱を抑えるため、銅製の試料台と可動電極以外は真鍮で作製した。作製はすべて本学特殊加工技術センター金属材料応用部門に依頼した。試料台を保持しているバネはリン青銅製 (株式会社ニラコ) である。このセルは本センターの共同利用機器であるオックスフォードインスツルメンツ社製 ^3He クライオスタットと超伝導マグネットにセットできるように設計し、最低温度 0.3 K、最高磁場 10 T までの磁化を測定できる。磁場勾配用コイル (オックスフォードインスツルメンツ社製) は上記の超伝導マグネットの内側に挿入されており、最大 10 T/m の磁場勾配を発生できる。キャパシタンス測定には分解能 5×10^{-7} pF の自動バランスデジタルキャパシタンスブリッジ (Andeen-Hagerling 社製、AH-2550A) を用いた。これまでに感度校正や装置のテストのため、Ni と Pd の磁化を測定した。その詳しい結果は紙面の都合上省略するが、このセルの磁化の相対分解能は 10^{-4} emu 程度であった。

この装置を用いた測定例の一つとして、重い電子系化合物 CeIr_3Si_2 の磁化を図に示す[2]。この化合物は 3.9 K と 3.1 K で二段の磁気転移を示す。0.3 K での斜方晶の b 軸と c 軸方向の磁化には 1 T 付近で明確な跳びが見られる。この測定に用いた試料の重さは 19 mg であった。今回立ち上げた装置では、このような微少試料でも精度良く磁化を測定できることがわかった。現在、このセルに小型の圧力セルを載せ、3 GPa までの圧力下での磁化測定が出来るよう改良中である。

この磁化測定装置は、将来的に準共同利用機器として多くのユーザーに使っていただきたいと考えている。本システムの立ち上げに際し、東大物性研 榊原俊郎氏、本学大学院先端物質科学研究科 高島敏郎氏、鬼丸孝博氏、北川二郎氏には有益なご助言と一部の装置をお借りした。この場を借りて感謝したい。

[1] T. Sakakibara, H. Mitamura, T. Tayama and H. Amitsuka: Jpn. J. Appl. Phys. **33** (1994) 5067.

[2] K. Shigetoh, *et al.*: Phys. Rev. B, **76** (2007) 184429.

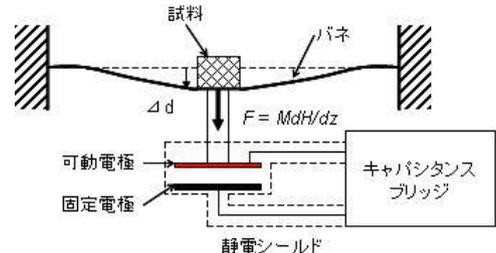


図 1. キャパシタンス式ファラデー法磁化測定の原理[1]

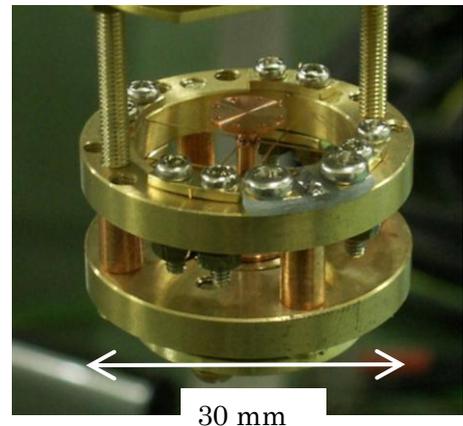


図 2. キャパシタンスセル

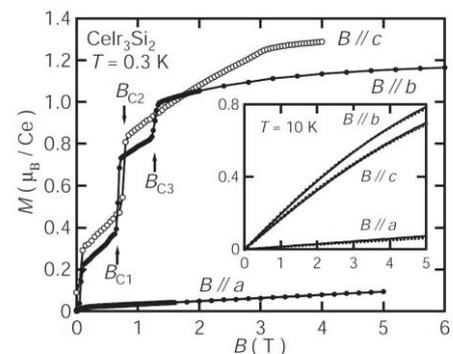


図 3. CeIr_3Si_2 の磁化曲線[2]