

メンブレン型メカニカルセンサーを用いた精密磁気測定

マイクロカンチレバーを用いた磁気トルク測定は、極低温・強磁場中で容易に高い感度が得られるため、ここ 15 年ほどの間で物性研究者の間に急速に普及した。磁気トルク測定の重要性は現在も増し続けているが、最近では、これまで使用されてきた市販の piezo 抵抗型カンチレバーが販売中止により入手困難な状況にある。本論文では新たな磁気トルク測定手法として、市販の人工嗅覚センサーを転用する方法を提案している。カンチレバー同様に量子振動観測等の高精度な測定が可能で、また、取り扱いやすいことから磁気トルク測定による物性研究を加速させると期待される。

物質の磁氣的性質には、電子の特長が如実に反映されるため、高感度な磁化測定は重要である。現在までさまざまな測定手法が使用されてきたが、原子間力顕微鏡のプロブとしても使用されるマイクロカンチレバー（ミリサイズ以下の片持ち梁状デバイス）を使用した機械的な検出方法は、最も高感度な手法の一つとして定着している。この手法では、カンチレバー上に測定試料を置き、磁場中で発生する磁気トルクによる変位を検出することで磁化を測定する。原子間力顕微鏡では光てこ方式による変位検出方式が一般的であるが、磁気測定ではカンチレバー上の piezo 抵抗により歪みを検知する piezo 抵抗検知型カンチレバーが最もよく利用されてきた。piezo 抵抗型カンチレバーの最大の利点は、磁氣的な測定をより簡単な電氣的な測定に置き換えることができるという点であり、これは本来磁気測定を専門としない研究者にも浸透した理由でもある。極低温・強磁場中でも高感度な測定が可能のため、基本的な磁氣的性質のみならず、新現象の探索や極微小試料の物性研究に適用されている。主な応用例としては、ドハース-ファンアルフェン振動の検出によるフェルミ面の形状決定、強相関電子系や高温超伝導体におけるネマチック状態の研究、磁化検出型電子スピン共鳴測定などがある。

このように磁気トルク測定は物性物理分野を中心に高いニーズがある一方で、「カンチレバー不足」が深刻な問題となっている。背景には 2014 年以降、それまで市販されていた piezo 抵抗検知型カンチレバーが販売中止となり入手が難しくなったことがある。現在では測定を行えるのは販売中止以前のストックを保有しているグループに限られており、誰でも簡単に実験できるという利点が失われている状況であった。

最近、神戸大学大学院理学研究科物理学専攻のメンバーを中心とした研究グループは、人工嗅覚センサーとして市販されているデバイス（メンブレン型表面ストレスセンサー：MSS）が、メンブレン状の piezo 抵抗検知型メカニカルセンサーであることに着目し、極低温・強磁場中における磁気トルク測定に応用した。その結果、カンチレバーと同様に量子振動観測等の高精度な測定が可能なることを見出した。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2017 年 6 月号に掲載された。

本論文では Nanoworld AG 社（スイス）のブランドである NANOSENSORS™ の MSS を使用している。MSS は直径 1 mm、厚さ約 5 μm のシリコンのメンブレンが四本の短い梁で支えられた構造を持つ（図 1）。梁部分には piezo 抵抗が組み込まれており、メンブレンに加わる力を検知する。嗅覚センサーとして用いる場合は、メンブレン表面に特定のにおい分子を吸着する感応膜を塗布し、吸着による表面応力の変化を検出する。磁気測定の場合は、piezo 抵抗が持つ有限の磁気抵抗が問

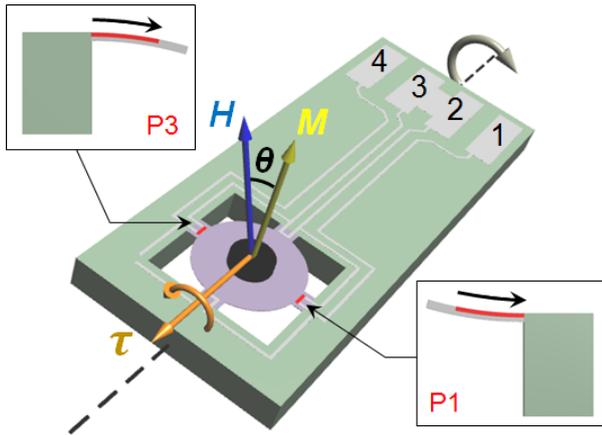


図1. MSS を用いた磁気トルク測定の様式図。磁気トルクにより発生するメンブレンの変形を対抗するピエゾ抵抗ペアで検出する。

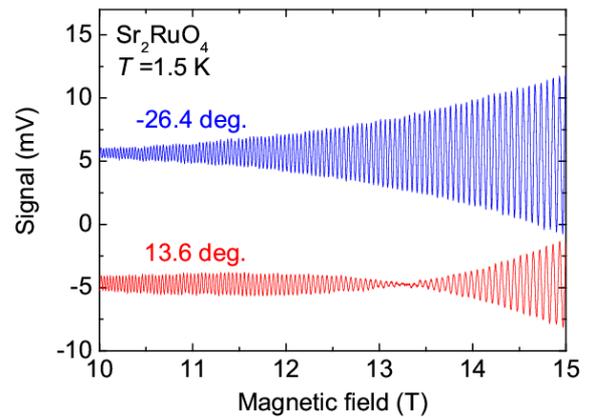


図2. 層状酸化物超伝導体 Sr_2RuO_4 のドハース - ファンアルフェン振動。積層方向と磁場印加方向のなす角とともに示している。

題となるが、ユーザーがチップ上の配線に簡単な改造を施すことで、その影響を取り除くことができる。

神戸大学のグループは、サブミリサイズの超伝導体単結晶の磁化測定やドハース - ファンアルフェン振動の測定 (図2) を行うことで、MSS を高精度な磁気測定に使用できることを実証した。新たな手法もカンチレバーによる測定と同様にシンプルで、特別な技術が必要としない。また、既存のカンチレバーユーザーにとっても、同一のセットアップで測定を行えるという特長がある。今後、MSS はカンチレバーに代わる新たな磁気測定のツールとして物性研究に貢献すると期待される。

原論文

[New Method for Torque Magnetometry Using a Commercially Available Membrane-type Surface Stress Sensor](#)

Hideyuki Takahashi, Kento Ishimura, Tsubasa Okamoto, Eiji Ohmichi and Hitoshi Ohta: *J. Phys. Soc. Jpn.* 86 (2017) 063002.

問合せ先：高橋 英幸 (神戸大学先端融合研究環)
大道 英二 (神戸大学大学院理学研究科)