

## 強磁場発生装置とその応用

キーワード：強磁場、超伝導マグネット、無冷媒、磁気応用、薄膜

### 概要

強磁場を利用すれば、様々な分野で新しい技術や高機能製品の開発が期待されていますが、これまで強磁場を利用した研究や産業への応用例は少なく、核磁気共鳴装置(NMR)などわずかです。これは、強磁場を発生させるために用いる超伝導マグネットが冷却のために液体ヘリウムを必要とし、この液体ヘリウムの消費費や装置の取り扱いなど維持管理が大変なため強磁場環境が身近なものにならなかったからです。

ところが最近、冷却は冷凍機のみで行う液体ヘリウム不要の無冷媒超伝導マグネットが開発されました。これは、磁性蓄冷材の開発と高温超伝導体を用いた電流リ - ドの開発という日本を中心に開発された2つの技術により実用化されたマグネットです。これにより、強磁場環境を比較的簡単に得ることが可能となり、電子、金属、化学関係の材料プロセスから医療や生活環境まで幅広い領域で強磁場の応用が試みられ始めています。

当所でも新技術開発や新製品の開発を支援するために、無冷媒超伝導マグネットを用いた強磁場発生装置(株神戸製鋼所製)を新設しました。ここでは装置の概要と強磁場環境の応用について、当所での磁場に関わる研究事例を含めて紹介します。

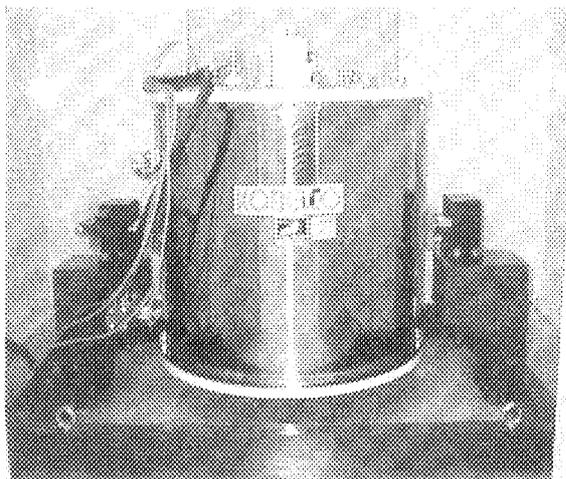


図1 強磁場発生装置

### 装置の概要

図1に、装置の外観写真を示します。装置には、直径100mmの室温貫通穴が空いており、この穴の深さ方向の中心部では非常に安定した0から10テスラ(10万ガウス)までの任意の磁場が発生できます。この貫通穴の空間を利用して様々な実験を行うことになり、場合によっては目的に合った治具が必要となります。例えば、図2は各種材料の電気抵抗を室温から4Kまでの温度範囲で測定できる装置ですが、これに強磁場環境を組み合わせるときは、下部の細い円筒部分(この部分の中へ試料をセットする。)を貫通穴に挿入することになります。発生させる磁場の強度は最大10テスラ/hrの速さで変化させることが出来ます。また、貫通穴が横向きになるように装置の回転も可能です。

### 強磁場環境の利用例

#### (1) 環境試験としての利用例

当研究所では、ZrN薄膜を用いた室温から極低温までの幅広い温度領域を一つのセンサで計



図2 電気抵抗測定システム

測できる低温用温度センサを開発しました。温度はZrN 薄膜の電気抵抗で検出するのですが、ここで重要なことは、極低温の温度計測は強磁場環境で行われることが多いため、磁場に影響されずに正確な温度が測定できる耐強磁場特性の良いセンサであることです。図3は、ZrN 薄膜の4.2Kにおける電気抵抗と磁場強度の関係です。図3では磁場を6テスラまで印加しても抵抗の変化は0.2%を切っており、ZrN 薄膜の電気抵抗は磁場の影響をほとんど受けないことがわかります。図中に挿入した直線の長さ分の抵抗値を温度に換算すると9.5mKとなり、温度計測への磁場による影響は非常に小さいことがわかります。

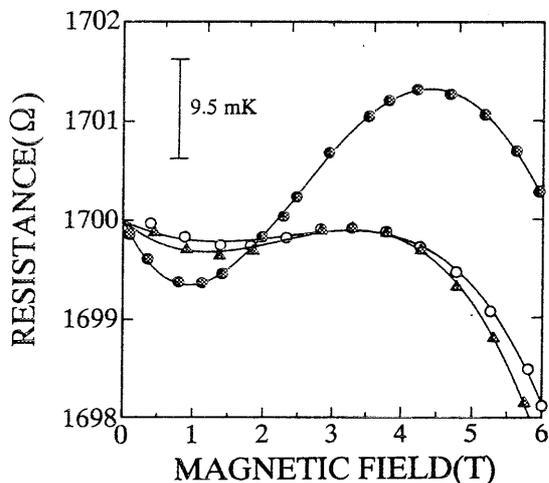


図3 磁場によるZrN 薄膜の電気抵抗の変化

- 磁場は薄膜面とバイアス電流に垂直
- 磁場は薄膜面に平行でバイアス電流と垂直
- 磁場は薄膜面とバイアス電流に平行

(2) ホール効果、磁気抵抗の測定

各種材料の物性の磁気依存性が強磁場環境を得ることが出来れば測定出来ます。

La<sub>0.7</sub>Ca<sub>0.3</sub>MnO<sub>3</sub>(LCMO)は、巨大磁気抵抗効果を示すことから磁気センサや次世代の磁気記録用ヘッド材料として期待されている材料です。この材料の薄膜化を試みました。図4は作製した薄膜の抵抗と磁場強度の関係を温度167Kにて測定した結果です。ここで縦軸は、零磁場での抵抗値で基準化した磁気抵抗を表しています。図4から、磁気抵抗は、( $\mu_0 H$ )<sup>2</sup>に比例して変化することがわかります。

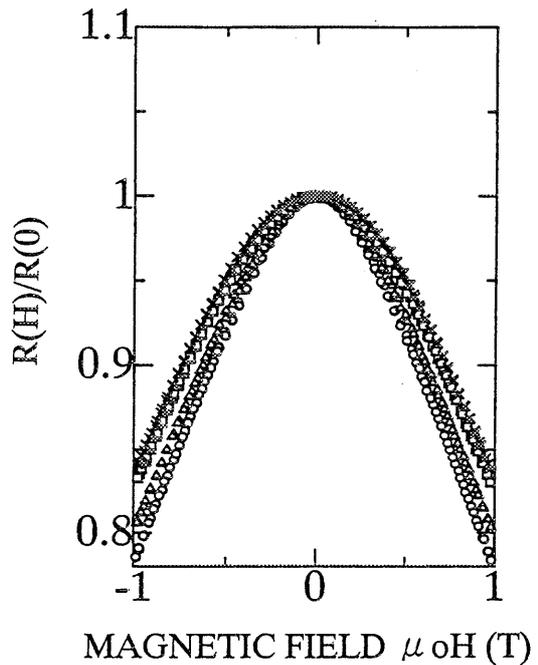


図4 LCMO 薄膜の磁気抵抗の磁場依存性

- x は磁場とバイアス電流の角度がそれぞれ90度、60度、30度、0度

このように、強磁場環境を得ることが出来れば、様々なデバイスや製品の開発において、その磁気特性について調べることが出来ます。

(3) その他の利用

磁気が作用すると考えられるところには、新しい磁気応用技術の種が存在している可能性があり、様々な分野で多様な試みが始まっています。例えば、湖沼等に異常発生するアオコ等の藻類を高勾配磁場により磁気分離し悪臭など生活環境の劣化を防ぐ環境保全への試み、鉄鋼など材料の磁気処理、結晶成長への応用、化学反応や燃焼への応用など産業プロセス応用やさらには各種物性研究、生体磁気研究などの応用が考えられています。

まとめ

以上のように、強磁場環境は様々な分野での用途が考えられ、これからの開拓技術分野です。当研究所に新設された強磁場発生装置も各種材料やデバイスの評価や品質管理、新技術開発や新製品開発等に幅広く利用出来ます。