

FT-ICR 用超電導マグネット

濱田 衛*・尾崎 修*・福水伸一**

*技術開発本部 電子技術研究所 **ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー㈱

FT-ICR (Fourier Transform Ion Cyclotron Resonance) 法は、強磁場中でのイオンのサイクロトロン運動に着目した質量分析手法であり、極めて高分解能な分子量計測が、極微量成分に対しても可能である。近年、高分子やタンパク質などのイオン化が可能になったことから、この分析手法が脚光を浴びており、今後の市場拡大が期待されている。

スペクトル分解能は磁場に比例するが、測定空間でのイオンの損失やイオンの結合の程度が磁場の約二乗に反比例するため、計測システムの総合的な性能(代表的な指標はS/N)は磁場の約二乗に比例する。そこで、強力な磁場を発生できる超電導マグネットの開発が望まれていた。

特徴

マグネットに対する要求仕様は表1に示すとおりであり、その特徴は以下の点があげられる。

1) NMR マグネットより大きな空間での均一磁場

NMR マグネットの磁場均一度は 10mm × 長さ 20mm の空間で 0.1ppm p-p 以内に抑える必要があるが、FT-ICR 用マグネットでは 50mm × 80mm の空間で 20ppm p-p 以内とする必要がある。この要求条件を 10mm × 長さ 20mm の空間に換算すると約 0.08ppm p-p 以内となり、NMR マグネットに要求されるよりも厳しい条件である。

2) マグネット周辺の特定の位置での漏洩磁場を極小とするコイル設計

マグネットの近傍にはサンプルのイオン化装置が設置されるが、機器が正常に動作するためには、その場所での漏洩磁場が弱いことが要求される。また装置の周辺での磁場も小さいほうが望ましい。

3) 冷媒低蒸発速度とコールドシップ

液体ヘリウムや液体窒素の蒸発速度を抑えるために、マグネットを支える構造物はできるかぎり断面積が小さいことが要求される。一方で客先での装置の立上げ時間を最短にするために、冷媒を入れたままで輸送することが要求される。

性能

以上の要求を満足するために、遺伝的アルゴリズムと準ニュートン法を併用した最適コイルパラメータ設計を実施した。サンプル空間での磁場均一度設計値を図1に示す。設計値は要求仕様を十分満足しているが、巻線の乱れにより発生する磁場の不均一成分を補正するための超電導シムコイルも装備した。

また冷却変形予測プログラムの開発と細径二重懸架方式低温容器の開発を事業部門と一体となって実施し、さらに NMR マグネットの設計製造技術を転活用することにより、客先要求仕様を全て満足する試作機を納期どおりに完成し(写真1)、その後、継続して生産している。既出荷マグネットの平均性能を表2に示す。

今後の進め方

さらに漏れ磁場を低減させたものを設計・製作中であり、第二世代として近々上市する予定である。

表1 マグネット仕様

中心磁場	7Tesla
磁場均一度	20ppm p-p
漏洩磁場(イオン化装置の位置)	< 5.5mT
磁場安定度	< 50ppb/hr
ボア径	95.3mm
マグネット最大幅	870mm
液体ヘリウム蒸発速度(保証値)	< 65cc/h
" (期待値)	45cc/h
液体窒素補充間隔	14days
液体窒素蒸発速度	202cc/h

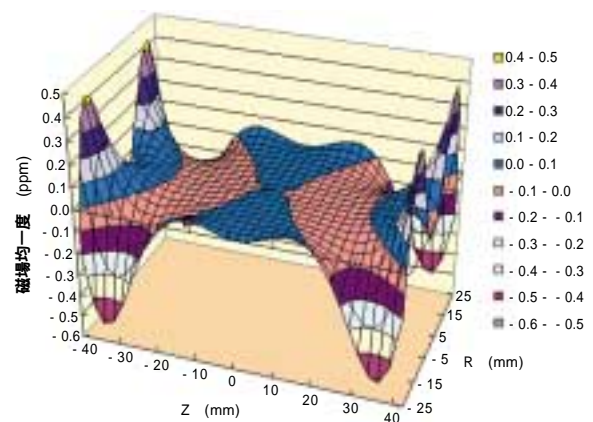


図1 マグネット中心付近の磁場均一度設計値



写真1 マグネット外観

表2 代表的な仕様に対する平均性能

磁場均一度	9.1 ± 3.7ppm p-p
磁場安定度	1.9 ± 1.0ppb/h
液体ヘリウム蒸発速度	22.5 ± 1.0cc/h
液体窒素蒸発速度	181 ± 14cc/h