

バルク超電導体の臨界電流密度特性評価と 磁石応用に関する検討

学生証番号 47126063 氏名 大浦 雄紀
(指導教員 大崎 博之 教授)

Key Words : bulk superconductor, critical current density, magnetization, trapped flux density, homogenization

1. 背景・目的

バルク超電導体は、磁束ピンニング効果により高い捕捉磁界性能を持つため、様々な産業応用が期待されている。バルク超電導体の捕捉磁界強度は臨界電流密度 J_c に依存し、 J_c は磁束密度 B に依存する。これを臨界電流密度特性 ($J_c - B$ 特性) と呼び、バルクの性能評価を行う上で重要な特性である。 $J_c - B$ 特性の評価手法としては、切り取った微小片による磁化測定がしばしば用いられるが、バルクを破壊しなければならないという欠点がある。そこで本研究では、非破壊による $J_c - B$ 特性評価手法として、以下の2手法による検討を行っている。まず、フル着磁時の捕捉磁界特性より逆問題解析を行うことで推定する手法、そして外部磁界中で微小磁界冷却着磁を行い、その結果から推定する手法である。本研究では、フル着磁時の捕捉磁界特性が異なる2種の均一組成バルク超電導体を用いて、上記2手法による $J_c - B$ 特性推定を行い、比較・検討を行った。また、バルクの磁石応用を視野に入れ、電磁特性の異なる複数のバルク超電導体を用いた際の磁界分布や、均一磁界空間生成のためのモデル構築について検討を行った。

2. バルク超電導体の臨界電流密度特性評価

まず、フル着磁時捕捉磁界から逆問題解析を行い臨界電流密度特性評価を行った。手順としては、バルク超電導体に外部磁界を印加し冷却を行い着磁させ、その後外部磁界を取り除く磁界中冷却法によりフル着磁を行い、その実験結果を元に逆問題解析によりバルク中の臨界電流密度分布の推定を行った。そして逆問題解析で推定した臨界電流密度分布からFEM解析により2次元軸対称静磁界解析を行い、バルク内部磁界分布を求め、 $J_c - B$ 特性を推定した。

次に、外部磁界中での微小磁界FCM時の捕捉磁界測定から臨界電流密度特性評価を行った。まず超電導マグネットにより磁界 (バックグラウンド磁界) B_e を発生させ、液体窒素により冷却後、バックグラウンド磁界 B_e を微小磁界 ΔB_e だけ減少させた際のバルク超電導体表面の捕捉磁界分布を測定した。そしてFEM解析によりバルク部分の導電率に超電導特性を与え、臨界電流密度を様々な値に変化させながら、初期に与えた微小磁界を準静的に取り除くことで着磁を模擬し、その結果と実験結果とを比較することで臨界電流密度を推定し、 $J_c - B$ 特性を算出した。

最後に、2手法で求めた $J_c - B$ 特性の比較を行った。

3. 環状バルク超電導体を用いた均一磁界生成への検討

環状バルク超電導体を4個用いて、これらを上下2個ずつのヘルムホルツ配置にしたとき、磁界均一度が最も高くなるギャップ長をFEM解析により求めた。次に解析結果を元に、実際にバルクを積層し実験を行い、均一度向上について検討した。

4. まとめ

本研究では、フル着磁時捕捉磁界から逆問題解析を解き推定する方法、そして微小磁界FCMから推定する方法の2手法により $J_c - B$ 特性を推定し、どちらの手法からも、ピーク効果の有無といったバルク個々の特性を反映した結果を得ることが出来た。しかし、微小磁界FCMによる手法の方が、全体的に低いオーダーとなった。また本研究では、環状バルク超電導体を用いた発生磁界分布について解析・実験し、最適なパラメータ設定からバルクの応用に向けた均一磁界空間の生成について検討した。