

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 富田 優

本論文は「Enhancement of the superconducting performance through improvement of the mechanical properties and cryostability of bulk superconductor with impregnation technique (含浸技術を用いたバルク超電導体の機械的特性および熱的安定性の改善による超伝導特性の向上)」と題し、優れた電磁特性を有する RE-Ba-Cu-O バルク超電導体の応用上の重要課題となっていた機械的特性および熱的特性の向上のために、含浸技術の適用を提案し、その有効性と応用への展望を示したものであり、7章から構成される。

第1章は「Introduction」であり、超電導体の基本特性、溶融法によって作製された RE-Ba-Cu-O バルク超電導体の特長と応用へ向けた課題、および期待される応用システム概要とそのため求められるバルク超電導体への条件を整理し、その上で本研究の目的と内容について述べている。

第2章は「Bulk RE-Ba-Cu-O superconductors with resin impregnation」と題し、バルク超電導体の機械的特性および熱的特性の向上のための含浸技術について述べている。樹脂含浸により表面付近のクラックやボイドに樹脂が入り、機械強度が向上することを示した。さらに、樹脂に石英フィラを添加することにより樹脂の熱膨張率をバルク超電導体の熱膨張率に近づけ、熱応力を低減可能であること、大型バルク試料の場合はガラス繊維織物で覆った後に樹脂含浸することにより機械的特性の向上が実現可能なこと、Bi-Pb-Sn-Cd 合金の含浸により熱伝導特性が大幅に向上することなどの成果が得られた。

第3章は「Effect of resin impregnation on the mechanical properties of bulk RE-Ba-Cu-O superconductors」と題し、樹脂含浸した Y-Ba-Cu-O バルク超電導体の機械強度を評価した結果と樹脂含浸が機械強度の向上に有効であることについて述べている。三点曲げ試験では 77K で 100 MPa を超える曲げ強度が得られ、十分実用的な強度が得られた。さらに曲げ強度のワイブル係数評価、破断試験、疲労耐久性評価のための加振試験、ヴィッカーズ試験による破壊靱性測定などを実施し、含浸によりバルク超電導体の機械強度が大幅に向上していることを実証した。

第4章は「Stability of the trapped-field of bulk RE-Ba-Cu-O superconductors with resin impregnation」と題し、含浸技術がバルク超電導体の磁束捕捉特性の安定性などにどのように影響を与えているかについて述べている。含浸をしていないバルク超電導体の場合、着磁実験を繰り返していると特性劣化が観察されるが、含浸をすることにより、そのような特性劣化は発生しないことが確認できた。また、磁界中冷却による着磁においてバルク超電導体に加わる電磁応力や熱応力の数値解析を行い、最大応力や熱応力の発生部位や特長

について整理した。

第5章は「Effect of resin impregnation on the high field-trapping ability of large-grain bulk RE-Ba-Cu-O superconductors」と題し、極低温条件での RE-Ba-Cu-O バルク超電導体の磁束捕捉特性について述べている。炭素繊維織物でくるんでからの樹脂含浸による機械強度の向上と、Bi-Pb-Sn-Cd 合金の含浸による熱伝導特性の向上に加え、バルク超電導体内部からの抜熱を改善するために超電導体に穴を開けて Al 線を通すことを考案した。その結果、Y-Ba-Cu-O バルク超電導体を使用した磁束捕捉実験において、温度 29 K で 17.24 T (テスラ) の磁界を捕捉することに成功し、そのときの磁束密度分布からはさらに捕捉磁束密度向上の可能性も示唆された。

第6章は「Engineering applications of large-grain bulk RE-Ba-Cu-O superconductors with resin impregnation」と題し、含浸技術を適用した RE-Ba-Cu-O バルク超電導体の応用として、超電導磁気浮上鉄道の超電導マグネット用電流リード、機械式永久電流スイッチ、超電導磁気軸受、磁気分離装置の研究開発について述べている。

第7章は「Conclusions」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、RE-Ba-Cu-O バルク超電導体の有する優れた電磁特性を利用する上で問題となっていた機械的特性と熱的安定性を大幅に改善する方法として含浸技術を提案し、その有効性を実証するとともに、世界最高の磁界を安定に捕捉することに実験的に成功して、バルク超電導体の応用可能性を大きく高めたものであり、電気工学、特に超電導工学に貢献するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。