TUMSAT-OACIS Repository - Tokyo University of Marine Science and Technology (東京海洋大学)

複数種結晶成長による酸化物超伝導バルク体に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2021-06-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 澤村, 充 メールアドレス: 所属:
URL	https://oacis.repo.nii.ac.jp/records/2124

［課程博士・論文博士共通］

博士学位論文内容要旨
Abstract

専　攻 Major	応用環境システム学専攻	氏　名 Name	澤村　充
論文題目 Title	複数種結晶成長による酸化物超伝導バルク体に関する研究		

1986 年の高温超伝導物質の発見以来、この物質を機能性工業材料へと進化させるべく、線材、薄膜、バルクの各分野で様々な開発がおこなわれてきた。中でも、RE-Ba-Cu-O(RE:Y&希土類元素)のバルク材料は、方位制御技術および組織制御技術の開発により、高い臨界電流密度:Jc(単位断面積当りに流し得る電流値)を獲得するに至っている。バルクはその名の通り、他の線材や薄膜形状と異なり超伝導材料の体積が桁違いに大きく、高い Jc 値との相乗効果で、取り扱いが簡便な液体窒素の温度領域(77K)でも kg ｵｰﾀﾞｰの磁気浮上力や Tesla ｵｰﾀﾞｰの捕捉磁界能力が簡単に発現することができる。この特徴を活かした応用開発は、ｺﾝﾊﾟｸﾄ磁石応用、モーター応用、永久磁石との組み合わせによる磁気浮上応用および kA ｵｰﾀﾞｰの大電流通電可能な通電応用(電流リードや限流素子)など様々な開発検討がおこなわれている。

これら磁石応用や浮上応用では、超伝導バルクのサイズや特性の向上が、捕捉磁界の高さや浮上力の大きさに反映されることから、その性能や設計自由度を増すために“より大きな試料サイズの材料”が望まれる。しかし、RE-Ba-Cu-O(RE:Y&希土類元素)のバルク材料では安定した結晶配向を実現するには、結晶成長時の過冷却温度をある範囲に制限する必要がある。このため過冷却温度の関数として表される結晶成長速度は、おのずと限定されることから、結果として大型試料では結晶成長に極めて長時間を必要とするなど実用上大きな課題が残されていた。

この結晶成長時間の長時間化への有効な対策として複数種付け方法が挙げられる。複数種付け法の利点は各々の種結晶から結晶成長するため、結晶成長すべき距離を短くすることで短時間に結晶成長できる点にある。しかしながら、これまでの複数種付け法では各々の種結晶から成長した結晶領域の間の超伝導特性が著しく低下し、捕捉磁束分布では各々の種結晶から成長した結晶領域に対応する複数の分割ピークが観測される。結果として大型化に期待される超伝導特性とは程遠い状況であった。このように複数種付け法での結晶領域の間の超伝導特性低下の抑制が可能になれば、大型試料作製の大きな制限を克服することができる点で開発の方向性の 1 つとなりうる。

本研究の目的は、従来の複数種結晶による超伝導特性低下の抑制を実現する新たな複数種付け結晶成長方法を確立し，その効果を検証することにある。

本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章では、序論として本研究の背景および目的について述べた

第 2 章では、開発当時の酸化物超伝導バルク体作製技術について述べた。まず、バルク体の基本作製技術（改良 QMG 法）について説明する。更に、本研究対象である複数種結晶による結晶成長技術について述べ、バルク材料の特徴をまとめた。特にこれまでの複数種付け方法での課題、つまり各々の種結晶から成長した結晶領域の間の超伝導特性が著しく低下し、捕捉磁束分布では各々の種結晶から成長した結晶領域に対応する複数の分割ピークが観測される点は共通している点や，各種結晶から成長した結晶領域の間の超伝導特性低下について、結晶領域間に存在する非超伝導相の偏析が原因であることなどの報告を整理した。

第 3 章では、本研究で検討した新しい複数種結晶成長方法　－MUSLE(MUlti-seed SeemLEss) Bulk－　について説明する。まず、結晶領域間に存在する非超伝導相の偏析の現象に関する基礎実験をおこなった。この実験で、非超伝導相の偏析が途中で消失する現象を確認した。この現象は結晶成長方

向の対向部分を無くし、同一方向に揃えることで生じるとの仮説に基づき、MUSLE 法の基本となる 2 段階結晶成長を考案した。具体的には前駆体を包晶温度の異なる 2 種類以上の層で構成し，結晶成長させ、その後、偏析が生じている包晶温度の高い層を切り離すことで偏析のないバルク材料を得る方法である。本方法を本研究では MUSLE(MUlti-seed SeemLEss)法と呼ぶこととした。この MUSLE 法で実際に様々なサイズで結晶成長をおこない、成長した結晶を光顕観察および元素マッピングを用いて観察し、結晶領域間に存在する非超伝導相の偏析が本方法で解消できることを確認した。

第 4 章では、MUSLE バルク体の超伝導特性評価について述べた。評価項目は局所臨界電流密度および直径 100mm までの各サイズでの捕捉磁束密度分布である。また捕捉磁界のピーク値から数値解析により巨視的電流密度も評価し、単一種結晶バルク体との巨視的電流密度とも比較した。これにより MUSLE 法が、複数種結晶による結晶成長でありながら、偏析が解消し、結果として単一ピークの捕捉磁界分布が得られる効果的な方法であることが確認できた。

第 5 章では、それぞれの種結晶から成長した結晶成長領域の間を跨いで流れる電流密度を変数として捕捉磁束密度や磁気浮上力などを電磁界数値解析によって算出した．従来の複数種付け方法では存在した非超伝導相の偏析により結晶成長領域の間を跨いで流れる臨界電流密度は結晶領域内の臨界電流密度に比べてほぼゼロとなるが，MUSLE 法においては，結晶成長領域の間を跨いで流れる臨界電流密度はほぼ結晶領域内の臨界電流密度と変わらない状態であることは第 4 章の実験で確認されている．よってこの結晶成長領域間の臨界電流密度が結晶領域内の臨界電流密度に比した変数として捕捉磁束密度や磁気浮上力などへの影響を確認し，結晶領域間に存在する非超伝導相の偏析が解消する MUSLE 法による有効性を確認した。

第 6 章では、総括結論として、本論文で述べた MUSLE 法の有効性をまとめた。