

磁気顕微法と X 線 CT による希土類系高温超伝導テープ線材の 臨界電流制限因子の解明

Investigation on Current Limiting Mechanism of REBCO Tape by Magnetic Microscopy and X-ray CT

○井上 昌睦¹, 田中 健太¹, 高崎 健¹, 今村 和孝¹, 東川 甲平¹, 吉積 正晃², 和泉 輝郎²,
木須 隆暢¹ (1. 九大院シス情, 2. 超電導工研)

○Masayoshi Inoue¹, Kenta Tanaka¹, Ken Takasaki¹, Kazutaka Imamura¹, Kohei Higashikawa¹,
Masateru Yoshizumi², Teruo Izumi², Takanobu Kiss¹ (1. Kyushu Univ., 2. ISTECSRL²)

E-mail: inoue@ees.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

我々はこれまで、走査型ホール素子顕微鏡 (SHPM) による臨界電流分布の計測と、走査型電子顕微鏡 (SEM) や透過型電子顕微鏡 (TEM) による構造観察とを組み合わせたハイブリッド顕微法が希土類系高温超伝導テープ線材の臨界電流制限因子の解明に有効であることを報告してきた[1,2]。TEM は結晶構造の詳細を明らかにするのに優れているものの、観察の領域が限られているうえに一種の破壊検査であるため、この前段で内部構造の非破壊検査が実現できると有益である。そこで、本研究では X 線 CT による高温超伝導テープ線材の内部構造観察を実施し、臨界電流の制限因子について考察を行った。

2. 実験

まず、 $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ (GdBCO) 線材の面内の臨界電流密度 (J_c) 分布を SHPM にて観察し、高 J_c 領域と低 J_c 領域の特定を行った。その後、それらの領域にマイクロブリッジを形成し磁場中 J_c 特性の計測を行うとともに、同様の領域の X 線 CT 観察を行った。X 線 CT は、X 線透過像を試料を断続的に回転させながら取得した後、画像解析により断面像を得るもので、その空間分解能はカメラの仕様と回転角によって決まる。今回の空間分解能は $2\mu\text{m}$ とした。

3. 実験結果及び考察

Fig.1 に SHPM で得られた J_c の面内分布を示す。同図の矢印で示す箇所では、周囲の高 J_c 領域よりも J_c が 40% 程

度低下していることが確認された。このような低 J_c 領域は長尺にわたり周期的に観察されている。マイクロブリッジによる J_c の温度・磁場依存性を調べたところ、低 J_c 領域では磁場中でも J_c 値が低く、巨視的ピン力密度も J_c の低下率に相当するだけ低下していた。一方、巨視的ピン力密度の磁場依存性の形状は同様であることが確認された。これらの結果は、低 J_c 領域では何らかの欠陥により有効断面積が低下していることを示唆している。

Fig.2 に X 線 CT 像を示す。低 J_c 領域では超伝導層表面付近 (a 図) に数十 μm 程度の黒もしくは白い構造が局在していることが分かる。色の濃淡は X 線の吸収率の差異を反映していることから、これらは GdBCO 以外の何らかの欠陥の存在を意味している。さらに、 $6\mu\text{m}$ 下層の基板表面付近の構造を見てみると (b 図)、超伝導層表面付近で観察されていた欠陥構造の存在が確認できる。このことは、これらの欠陥が基板起因で発生していること、電流パスの有効断面積低減の起源になっていると考えられることを示している。

謝辞

本研究は、経産省高温超伝導コイル基盤技術開発プロジェクト「共通基盤技術の研究開発」及び日本学術振興会の科研費 (26420273) の助成を得て行ったものである。

参考文献

- [1] 木須他 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-A21-8
- [2] 木須他 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-D3-6

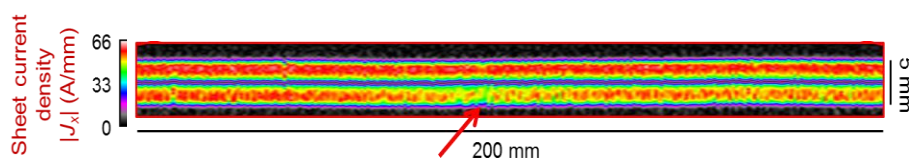


Fig.1 Critical current density distribution in GdBCO tape measured by SHPM

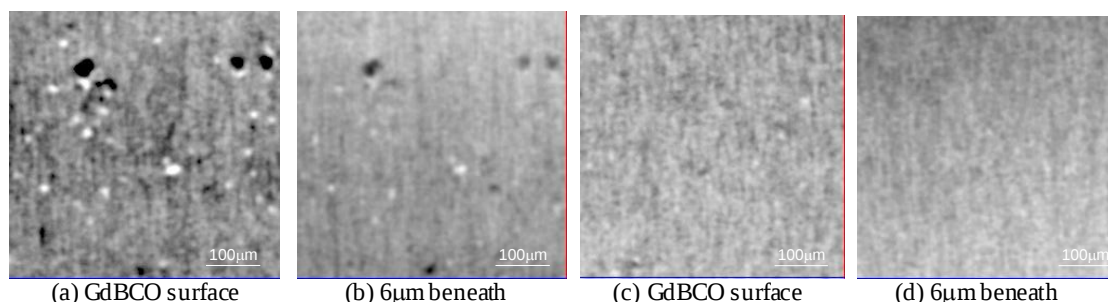


Fig.2 X-ray CT images at low J_c region: (a), (b) and high J_c region: (c), (d).