

物理研磨による市販 REBa₂Cu₃O_y 線材の 表面平坦性と臨界電流非対称性の向上

Improvement of Surface Flatness and Critical Current Asymmetry of Commercial REBa₂Cu₃O_y Tapes by Mechanical Polishing

産総研¹, 関学大工², 名大工³ °鶴田 彰宏¹, 尾崎 壽紀², 土屋 雄司³

AIST¹, Kwansei Gakuin Univ.², Nagoya Univ.³, °Akihiro Tsuruta¹, Toshinori Ozaki², Yuji Tsuchiya³

E-mail: a.tsuruta@aist.go.jp

1. はじめに

電流方向によって異なる臨界電流特性を示す現象を利用し、超伝導電流に対する整流機能を持った超伝導ダイオードが提案されている[1]。REBa₂Cu₃O_y 高温超伝導薄膜 (RE: 希土類元素, REBCO) では、面内磁場下において非対称臨界電流特性が確認されており、その非対称性は薄膜表面が平坦なほど高く、更に、反応性イオンエッチング (RIE) を用いた表面後処理に依る表面平坦性の向上により増強可能であることが報告されている[2]。したがって、REBCO 薄膜の面内磁場下における非対称臨界電流特性は、基板-薄膜界面と薄膜表面における量子化磁束の出入りに対する表面バリアの非対称性に起因しており、薄膜表面を平坦化し表面バリアを大きくすることで増強可能であると考えられる。

本研究では、将来的な量産や処理面積の拡大を考慮し、簡便な REBCO 薄膜表面平坦化プロセスとして物理研磨に着目し、REBCO 薄膜の表面平坦性と臨界電流非対称性の向上に関して検討した。

2. 実験方法

購入した 4 mm 幅の市販 REBCO 線材の最表面に積層されている銀保護層を、過酸化水素水とアンモニア水の混合液を用いて除去した後、ラッピングフィルムを用いた乾式物理研磨、または、溶媒に砥粒が分散した研磨剤を使用した湿式物理研磨にて REBCO 薄膜層の表面を研磨した。REBCO 薄膜の表面状態は原子間力顕微鏡 (AFM) 及び光学顕微鏡により観察した。臨界電流特性は、直流四端子法を用いて面内磁場 0-5 T 下で測定し、臨界電流特性の非対称性は、電流方向に対する平均値と差分の比と定義した。

3. 実験結果

Fig. 1 (a)及び(b)に市販 REBCO 線材の銀保護層を除去した後の未処理 REBCO 層表面と、湿式物理研磨を施した REBCO 層表面の AFM 像を示す。研磨処理により、表面の析出物や成膜プロセスに由来するステップ構造が除去され、表面が平坦化された。この時、二乗平均面粗さ (RMS) は 24.5 nm から 1.51 nm へと 1 桁以上減少し、乾式物理研磨においても同様に数 nm の RMS 値を実現した。

Fig. 2 に湿式物理研磨を施した試料の RMS 値に対する非対称性を示す。未処理試料の 9.8%と比較して、全ての研磨試料で非対称性が向上し、最大で 12.5%まで向上した。RMS 値の減少に伴い非対称性が向上する傾向が見られることから、更なる平坦性の向上による非対称性の向上が見込まれる。

発表では、研磨手法の違いが表面平坦性に与える影響を紹介するとともに、研磨試料の表面バリアと非対称性に関し考察する。

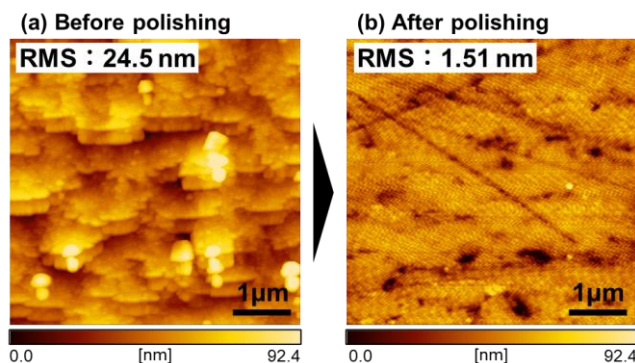


Fig. 1 AFM images of the surface of commercial REBCO tapes (a) before polishing and (b) after wet mechanical polishing.

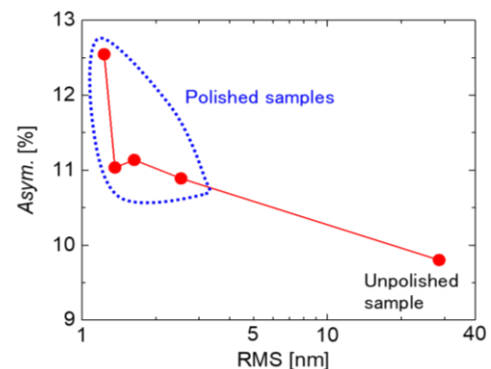


Fig. 2 Asymmetry of critical current as a function of RMS for the wet mechanical polished samples.

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業の結果得られたものです。

参考文献

- [1] X. G. Jiang et al., Phys. Rev. B **49**, 9244 (1994).
- [2] 土屋雄司 他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 19p-C206-5.