

膜厚の異なる超伝導 YBCO-coated 線材の臨界電流特性の評価

01232027 小田部研究室 木村 健吾

背景と目的 超伝導体は臨界温度 T_c 以下に冷却すると直流電気抵抗がゼロとなることからその応用が期待されている。この応用において重要なパラメータが、電気抵抗を発生させることなく流すことのできる電流密度の最大値である臨界電流密度 J_c である。 T_c が高い高温超伝導線材として注目されているのが Bi 系線材と Y 系線材である。Y 系線材の $\text{YBa}_2\text{Ca}_3\text{O}_{7-\delta}$ (以下 YBCO)-coated 線材は Bi 系線材に比べ、 J_c がゼロとなる磁界である不可逆磁界 B_i が高く、高磁界での J_c が高いことが知られており、磁界中での応用にきわめて有望な線材として注目されている。高磁界側における J_c を向上させるには、超伝導膜の厚さを厚くすることが有効であることが知られている¹⁾。一方、低磁界側では膜厚の薄い試料において J_c が高くなることが知られている²⁾。これは、臨界電流特性が膜厚に依存していることを示しており、今後目的に応じた適切な膜厚を設計するために線材の臨界電流特性に対する膜厚の影響を調べる必要がある。

そこで本研究では YBCO-coated 線材における膜厚の異なる試料で臨界電流特性の評価を行い、その結果をピン力の分布を考慮した磁束クリープ理論により考察する。

実験 本研究では、超電導工学研究所名古屋研究所より提供された IBAD (Ion Beam Assisted Deposition) / PLD (Pulsed Laser Deposition) 法により作製した膜厚の異なる YBCO-coated 線材を用いた。各試料の厚さや T_c は表 1 に示すとおりである。

試料の表面に対して垂直な磁界の下で直流四端子法を用いて電界-電流密度特性 (E - J 特性) を測定し、 5.0×10^{-4} V/m の電界基準により J_c を決定した。また $J_c = 5.0 \times 10^7$ A/m² となる磁界により B_i を決定した。

解析にはピン力分布を考慮した磁束クリープ理論による解析結果と比較検討を行った。

表 1. 試料一覧

試料	超伝導膜厚 (nm)	T_c (K)
#1	270	86.8
#2	360	87.3
#3	520	88.4

結果及び検討 図 1 は各試料の 77.3 K, 82 K, 85 K における J_c の磁界依存性を示す。今回の試料では、ピン力の違いもあり膜厚の薄い試料での低磁界領域における J_c の増加は見られなかった。一方、高磁界領域では高温になるにつれ、最も膜厚の厚い試料 #3 の J_c が増加していることがわかる。これは膜厚が厚いほど磁束クリープの影響を受けにくいためである。

図 2 は各試料における B_i の温度依存性を示す。図より全温度領域において膜厚の厚い試料 #3 の B_i がわずかに高いことがわかる。これは膜厚がピンポテンシャルに依存しているためである。また、膜厚の薄い試料 #1 の B_i が #2 よりも高くなっているのは、#1 の試料の J_c が最も優れているためである。詳しい解析結果については当日発表する。

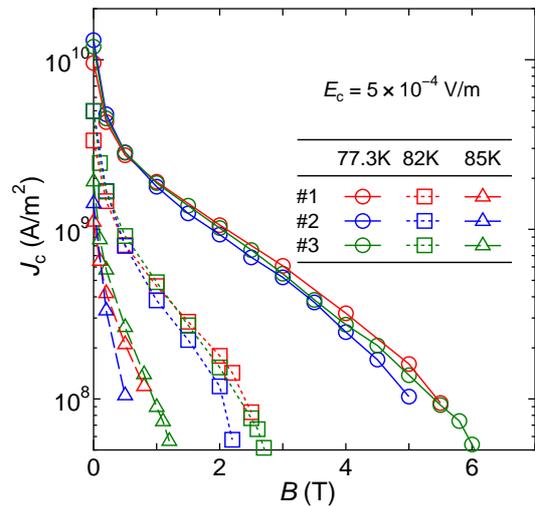


図 1：各試料における臨界電流密度の磁界依存性。

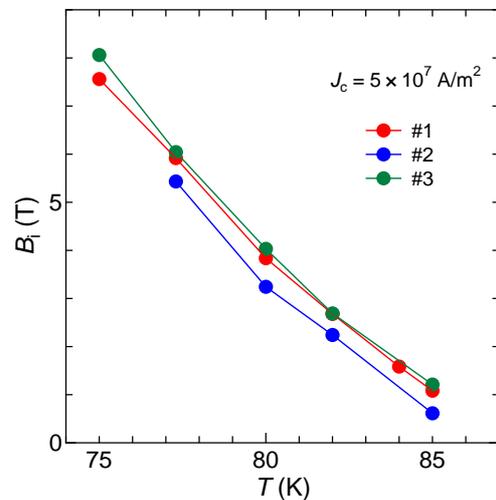


図 2：各試料における不可逆磁界の温度依存性。

【参考文献】

- 1) T. Matsushita, H. Wada, T. Kiss, M. Inoue, Y. Iijima, K. Kakimoto, T. Saitoh and Y. Shiohara: Physica C **378-381** (2002) 1102.
- 2) R. Wördenweber: Supercond. Sci. Technol. **12** (1999) R86.