

GdBCO 線材の磁場中 J_c 膜厚依存性

Thickness Dependence of In-Field Critical Current Density on GdBCO

フジクラ 藤田真司, 大保雅載, 飯島康裕, 齊藤隆
 東北大・金研 淡路 智, 渡辺 和雄
 S. Fujita¹, M. Daibo¹, Y. Iijima¹, T. Saito¹, S. Awaji² and K. Watanabe²
¹ Fujikura.Ltd
² Institute for Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

近年, RE 系超電導線材の長尺化・高性能化[1]により様々な機器への応用のための研究開発が進められている。酸化物高温超電導体は液体窒素温度である 77K 以上で超電導を示すが, 液体窒素温度では磁場による臨界電流 (I_c) の低下が大きく, 実際の磁場中応用機器では 50 K 以下での運転が想定されることが多い。しかしながら RE 系超電導線材は広い温度領域で比較的磁場に強く, また超電導層の膜厚を厚くすることにより I_c を上昇させることができるため, 液体窒素温度でもある程度の I_c を確保できると考えられ, 液体窒素温度での応用も期待されている。

フジクラでは IBAD/PLD 法による長尺 GdBCO 線材を製造しているが, さらなる高性能化のため磁場中での線材特性の把握は不可欠である。今回, IBAD/PLD 法によって作製した GdBCO 線材の GdBCO 層の膜厚を厚くしていった場合の液体窒素温度での磁場中 J_c 特性を測定した結果について報告する。

2. 実験方法

厚さ 100 μm ^t の Hastelloy テープ (10 mm^w) 上に中間層を成膜し, / PLD-CeO₂ (約 300 nm) / IBAD-MgO (約 10 nm) / Y₂O₃ (約 20 nm) / Al₂O₃ (約 150 nm) / Hastelloy / という構造の配向基板を作製した (Fig. 1)。上記基板へ大型 PLD 装置により GdBCO 超電導層を成膜し, 保護層として Ag を 10 μm スパッタ装置により蒸着した。このときの GdBCO 膜厚を変化させ, Table. 1 に示すように膜厚 1.3~5.5 μm の 5 種類のサンプルを作製した。

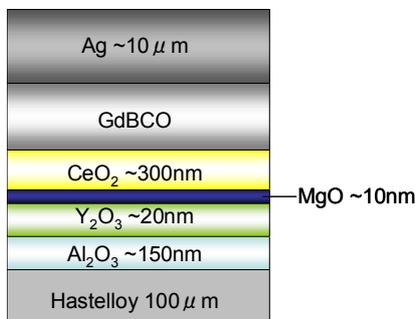


Fig. 1 Structures of GdBCO coated conductor Samples.

Table 1 Specifications of GdBCO coated conductor Samples.

Sample No.	GdBCO thickness [μm]	I_c @77K, Self Field [A/cm-w]
1	1.3	421
2	1.4	458
3	1.6	518
4	2.7	620
5	5.5	960

これらのサンプルを液体窒素中 77 K で J_c の磁場依存性を測定した。外部磁場方向はテープ面平行方向 ($B \parallel ab$), 垂直方向 ($B \parallel c$) の 2 方向とし, 最大 15 T まで印加した。サンプルのブリッジ加工は行わず 10mm 幅のまま 4 端子法通電により I - V を測定した。

3. 実験結果

Fig. 2 にサンプル 1, 4, 5 (それぞれ膜厚 1.3, 2.7, 5.5 μm) における I_c の磁場依存性を示す。膜厚の増加につれて I_c は上昇しており, サンプル 5 では 77 K, 3 T ($B \parallel c$) で $I_c = 63$ A, 77 K, 5 T ($B \parallel c$) で $I_c = 19.5$ A, 77 K, 15 T ($B \parallel ab$) で $I_c = 38.3$ A となっている。Fig. 3 に Fig. 2 の結果を J_c で比較した結果を示す。特に $B \parallel c$ では磁場中は膜厚に依存しない傾向がある。

Fig. 4 に 77 K, 自己磁場 I_c および J_c の GdBCO 膜厚依存性を示す。自己磁場では膜厚の増加に伴い, J_c は単調に減少する傾向がある。Fig. 5 に 77 K, 3 T ($B \parallel c$) での, Fig. 6 に 77 K, 5 T ($B \parallel c$) での, I_c および J_c の GdBCO 膜厚依存性を示す。3 T, 5 T 共に I_c は膜厚の増加に伴い直線的に増加し, J_c はほぼ膜厚に依存しない結果となった。

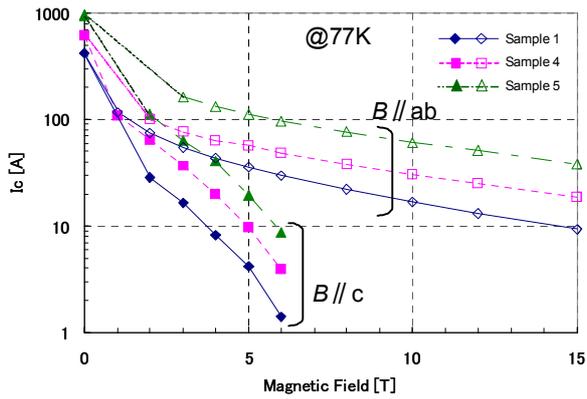


Fig. 2 Magnetic field dependence of I_c on Sample 1, 4, and 5.

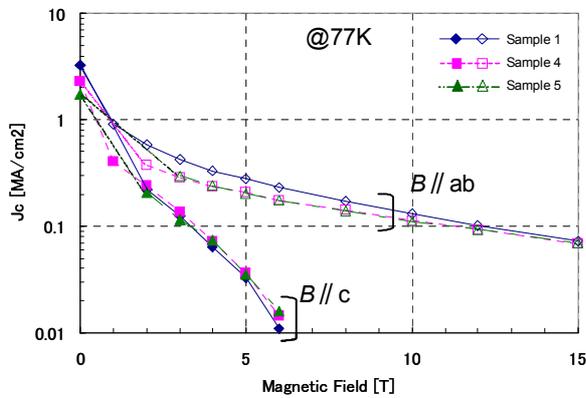


Fig. 3 Magnetic field dependence of J_c on Sample 1, 4, and 5.

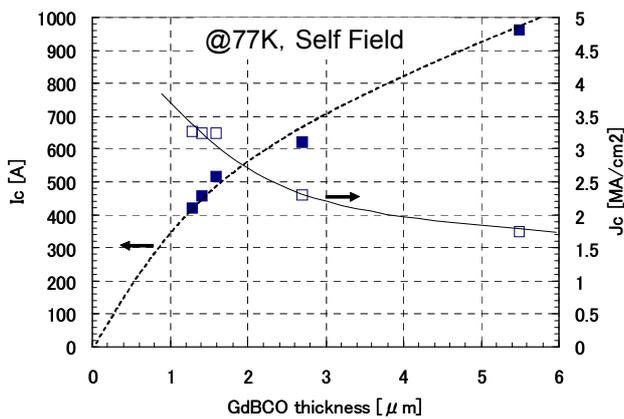


Fig. 4 GdBCO thickness dependence of I_c and J_c at 77 K, self field.

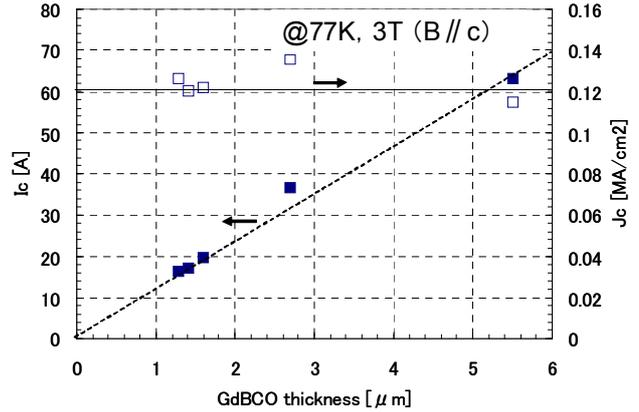


Fig. 5 GdBCO thickness dependence of I_c and J_c at 77 K, 3 T ($B // c$).

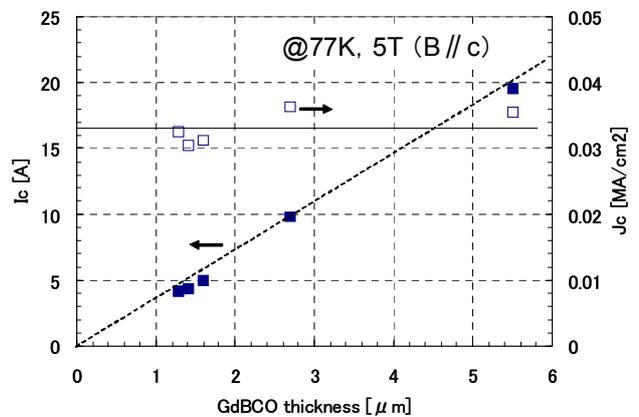


Fig. 6 GdBCO thickness dependence of I_c and J_c at 77 K, 5 T ($B // c$).

4. まとめ

GdBCO 膜厚が 1.3~5.5 μm の線材の磁場中 J_c を液体窒素温度で測定し、磁場中では膜厚に依存しない傾向を確認した。また、膜厚 5.5 μm の高 I_c 線材では 77K, 3T で $I_c = 63 \text{ A}$ という値を記録した。今後は J_c の磁場角度依存性も含めて、より低温での特性を評価する予定である。

参考文献

[1] K Kazuomi et al., Abstracts of CSJ Conference, Vol.84 (2011) p185