

# 長尺 RE 系超電導線材の磁場中特性

## In-Field Property of Long-length RE-123 Coated Conductor

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. Fujita<sup>1</sup>, M. Daibo<sup>1</sup>, Y. Iijima<sup>1</sup>, T. Saito<sup>1</sup>, S. Awaji<sup>2</sup> and K. Watanabe<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Fujikura.Ltd

<sup>2</sup> 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. RE 系超電導線材は磁場中での特性が高く, 50 K 程度の比較的高い温度でも, 高い臨界電流を有しており, 広い温度・磁場領域での応用が考えられている. フジクラでは IBAD/PLD 法による単長 > 300 m の長尺 RE 系超電導線材の製造を行っているが, このような実用的な長尺線材の磁場中特性を把握することは, 応用上非常に重要である.

本研究では, 長尺で製造された RE 系超電導線材の磁場中特性について, 広い温度・磁場領域で測定した結果について報告する.

### 2. 実験方法

本研究で測定した RE 系超電導線材は 350 m 単長で製造されたものであり, 構造と各層の厚さを Fig. 1 に示す. 線材幅は 10 mm である. 本線材から測定用にサンプルを切り出し, 液体窒素中で通電特性を確認した後, フォトリソグラフィー及びウェットエッチングにより, 幅 69.4  $\mu\text{m}$  (平均), 長さ 1.0 mm のブリッジ状に加工した (Fig. 2).

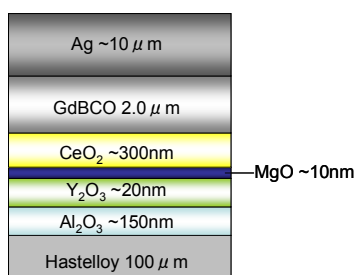


Fig. 1 Structures of Long-length RE-123 coated conductors.

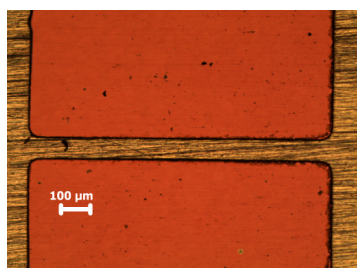


Fig. 2 Optical micrograph of micro bridge.

サンプルは四端子法を用いて, 通電法により測定した. 臨界電流  $I_c$  の電界基準は 1  $\mu\text{V}/\text{cm}$  とし, 10mm 幅  $I_c$  [A/cm-w] は, 測定した  $I_c$  に (ブリッジ加工前  $I_c@77.3\text{K}$ , Self-field / ブリッジ加工後  $I_c@77.3\text{K}$ , Self-field) の値を掛けて算出した.  $n$  値に関しては, 0.1  $\mu\text{V}/\text{cm}$  ~ 10  $\mu\text{V}/\text{cm}$  付近の  $I$ - $V$  カーブから算出した. サンプルの冷却はヘリウムガスフローによるもので, ヒーター温調により 77.3 ~ 20 K の温度範囲で測定した. 外部磁場は 10 T まで印加した.

### 3. 実験結果

サンプルを長尺から切り出した後の液体窒素中での測定結果は  $I_c = 458\text{ A}$ ,  $n = 25.2$  であり, ブリッジ加工後の液体窒素中での測定結果は  $I_c = 2.98\text{ A}$ ,  $n = 15.8$  であった. 従って, (ブリッジ加工前  $I_c@77.3\text{K}$ , Self-field / ブリッジ加工後  $I_c@77.3\text{K}$ , Self-field) = 154 である. 本サンプルでは 77.3 K, Self-field の  $n$  値がブリッジ加工前後で低下しているが, ブリッジ加工の精度が悪かったため, ブリッジ部の長手方向に  $I_c$  の分布ができてしまったためと考えている.

Fig. 3 に  $B \parallel c$  の  $I_c$  [A/cm-w] の磁場依存性, Fig. 4 に  $B \parallel c$  の  $n$  値の磁場依存性を示す. 50 K 以下の低磁場側は  $I_c$  が非常に高くなり, 電流リードが焼損する可能性があるため測定していない. 外部磁場 5 T での  $I_c$  は, 50 K で 302 A, 30 K で 587 A, 20 K で 786 A となった.  $n$  値に関しては, 77.3 K では磁場とともに単調に減少するが, 50 K 以下では磁場が増加しても, それほど減少しない傾向があった.

Fig. 5 に  $B \parallel ab$  の  $I_c$  [A/cm-w] の磁場依存性, Fig. 6 に  $B \parallel ab$  の  $n$  値の磁場依存性を示す.  $B \parallel ab$  も  $B \parallel c$  同様に  $I_c$  が高い領域は測定していない.  $B \parallel ab$  では 50K, 40K の  $n$  値が 77.3 K よりも低い値となった.

次に, 77.3 K, 3 T における  $I_c$  の磁場角度依存性の測定結果を Fig. 7 に,  $n$  値の磁場角度依存性を Fig. 8 に示す. 最小  $I_c$  は 38.8 A であった.  $B \parallel ab$  で  $n$  値が若干乱れているが, 角度依存性の傾向は  $I_c$  のそれと同じであった. 50 K, 5 T における  $I_c$  の磁場角度依存性の測定結果を Fig. 9 に,  $n$  値の磁場角度依存性を Fig. 10 に示す. 最小  $I_c$  は 283 A であり, 77.3 K と比べて  $B \parallel ab$  のピークがよりシャープであった.  $n$  値は  $B \parallel ab$  で急激に低下しているが, この傾向は 50K 付近で一般的に見られる現象である[2].

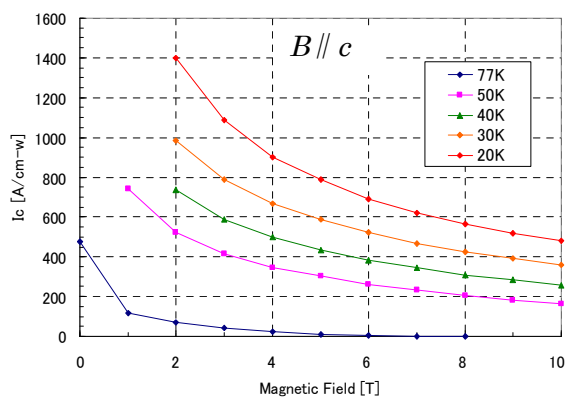


Fig. 3 Magnetic field dependence of  $I_c$  at  $B // c$ .

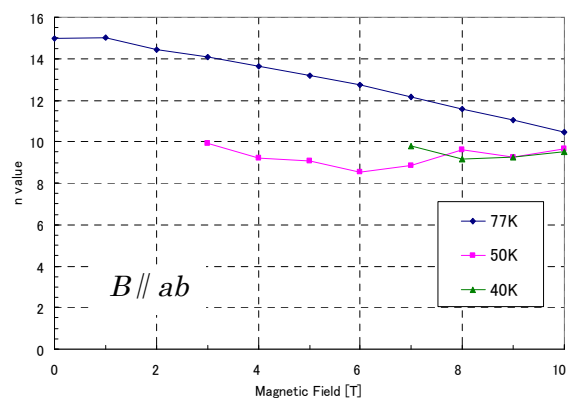


Fig. 6 Magnetic field dependence of  $n$ -value at  $B // ab$ .

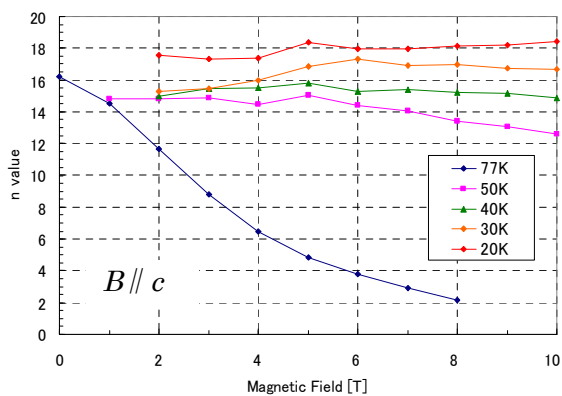


Fig. 4 Magnetic field dependence of  $n$ -value at  $B // c$ .

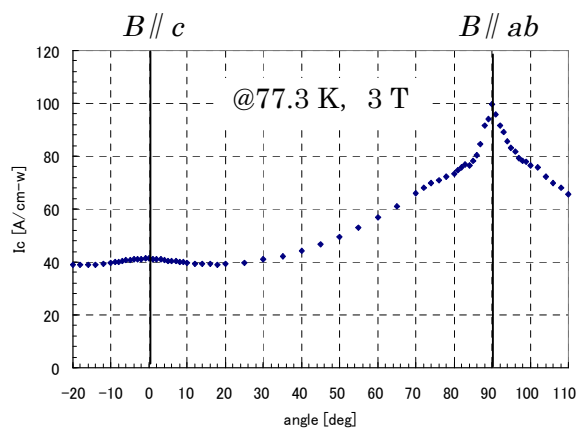


Fig. 7 Magnetic field angle dependence of  $I_c$  at 77.3 K, 3 T.

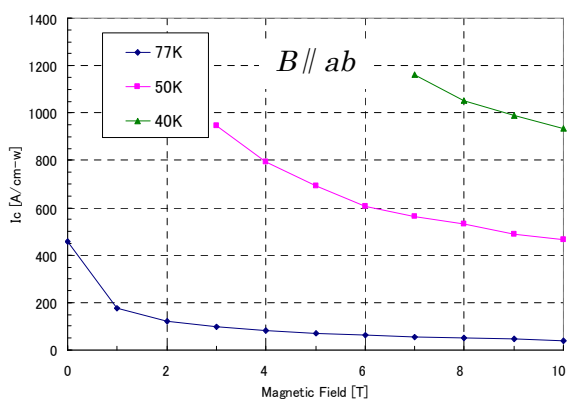


Fig. 5 Magnetic field dependence of  $I_c$  at  $B // ab$ .

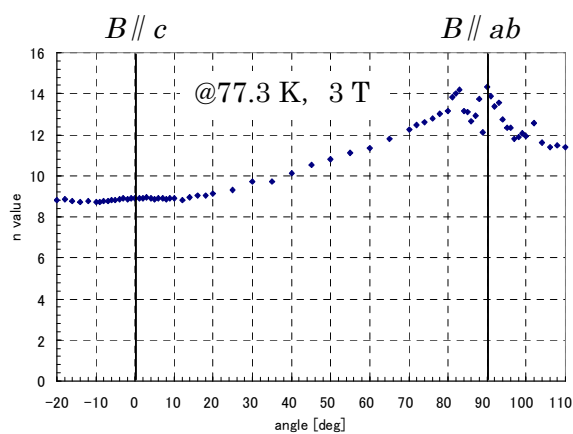


Fig. 8 Magnetic field angle dependence of  $n$ -value at 77.3 K, 3 T.

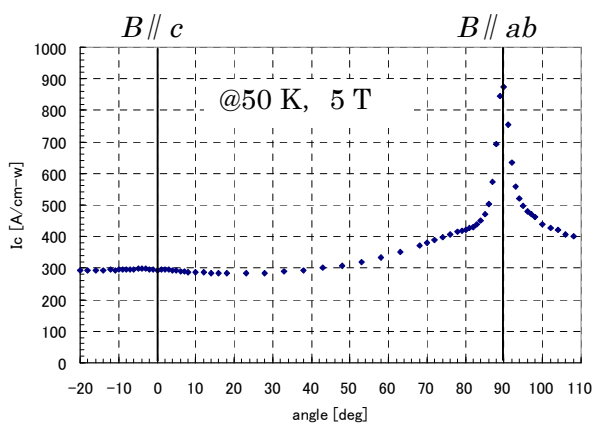


Fig. 9 Magnetic field angle dependence of  $I_c$  at 50 K, 5 T .

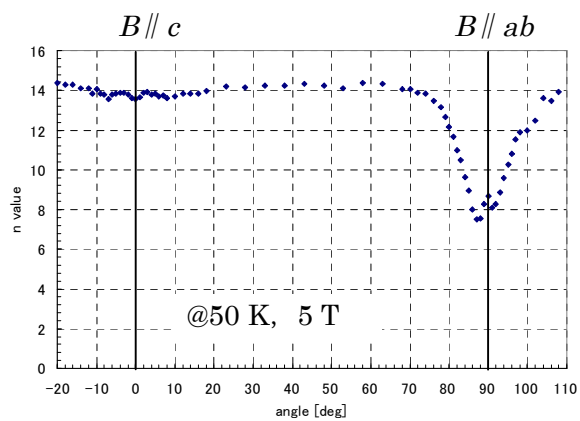


Fig. 10 Magnetic field angle dependence of  $n$ -value at 50 K, 5 T .

#### 4. まとめ

単長 350 m の長尺 RE 系超電導線材からサンプルを切り出し、77.3~20K の温度範囲で磁場中特性を四端子法により測定した。長尺線材においても高い磁場中特性を有することを確認した。

#### 参考文献

- [1] K. Kakimoto, *et al.*, Abstracts of CSJ Conference, Vol.84 (2011) p185.
- [2] L. Civale, *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond., 15 (2005) 2808.