

学生番号	11674037	氏名	和田 純
論文題目	配向 Ni 基板を用いて作製された PLD 法 GdBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7-x</sub> コート線材の臨界電流密度特性		

1. はじめに

PLD 法を用いて作製された GdBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> (GdBCO) コート線材は優れた臨界電流密度  $J_c$  を持ち、電力ケーブルをはじめとした様々な分野における応用が期待されている。現在、線材の低コスト化のために配向金属基板の利用が注目されているが、まだ十分な  $J_c$  特性が得られていない。Fig.1 に配向金属基板を用いた GdBCO コート線材の構造を示すが、低  $J_c$  特性になる主な原因として、種層に用いられる CeO<sub>2</sub> と配向基板の熱膨張率との違いによる CeO<sub>2</sub> 内部のクラックの超伝導層への影響がある[2]。この問題を解決するために、種層に配向基板の熱膨率の違いが少ない Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を用いた線材の開発が行われている。

また、応用機器への利用においては、超伝導層の厚膜化による大容量化が求められるが、 $J_c$  は厚膜化による結晶配向の乱れの影響を受ける。さらに、 $J_c$  を決定するピンニングポテンシャルも超伝導層の厚さ  $d$  の影響を受ける[3]。したがって、種層や  $d$  の違いが  $J_c$  にどのように影響を与えるかを調べる必要がある。

本研究では種層に Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と CeO<sub>2</sub> を用いた配向 Ni クラッド基板 PLD 法 GdBCO コート線材の  $J_c$  を測定し、種層が  $J_c$  に与える影響を調べた。また同時に  $d$  を変化させ、厚さが  $J_c$  に与える影響についても調べた。

2. 実験

測定した試料は、配向クラッド基板上に中間層 CeO<sub>2</sub>/Y Stabilized Zr(YSZ)/Seed Layer を作製し、その直上に PLD 法で GdBCO を成膜した超伝導線材である。すべての試料は住友電気工業株式会社に提供して頂いた。試料の種層、超伝導層の厚さ  $d$ 、及び臨界温度  $T_c$  を Table 1 に示す。これらの試料に対して、四端子法を用いて E-J 特性を評価し、電界基準  $E_c=10^{-4}$  V/m を用いて  $J_c$ - $B$  特性を求めた。磁界は  $c$  軸方向に平行に加えた。

Table 1 : Specifications of specimens.

Specimen	Seed Layer	$d$ [ $\mu$ m]	$T_c$ [K]
Y1	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.04	92.6
Y2		2.08	92.2
Y3		3.12	92.3
C1	CeO <sub>2</sub>	1.04	92.4

3. 結果及び検討

Fig. 2 に 4 つの試料の  $J_c$ - $B$  特性を示す。まず、C1 と Y1 を比較すると、Y1 は C1 よりもすべての磁界領域において、高い  $J_c$  を示す。また、超伝導の厚さに注目すると、低磁界においては、 $d$  が厚くなるにつれて  $J_c$  は減少している。一方、高磁界においては、低磁界における各試料の  $J_c$  の差ほどなく、特に 6 T 近傍において、Y1 と Y2 の  $J_c$  の値はほぼ同程度で、 $d$  が厚い Y2 の方が磁界依存性が良いことがわかる。

このようなコート線材においてはクラックや厚膜化によりコート線材内の  $J_c$  が広く分布することが予想される。したがってここでは  $J_c$  の分布を考慮した磁束クリープ・フローモデル[4]を用いて解析を行った。磁束クリープ・フローモデルによると、磁束クリープの影響がない仮想的な  $J_{c0}$  の分布は

$$f(A) = K \exp \left[ - \frac{(\log A - \log A_m)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (1)$$

で、ここで、 $A$  は  $J_{c0}$  の大きさで、 $A_m$  は分布の最頻値で、 $\sigma^2$  は分布の広がり、 $K$  は規格化定数を表す。この分布関数を用いて磁束クリープ下での  $J_c$  特性を評価した。Fig. 2 に実線で解析結果を示すが良い一致が得られた。はじめに種層の違いに注目すると、Y1 に比べて C1 の方が  $A_m$  が小さくなった。これは局所的な超伝導層の膜質には違いはないが、クラックの影響により、超伝導層内部の電流路が限定されるためである。次に  $d$  の違いに注目すると、 $A_m$  と  $\sigma^2$  が変化していることから、厚膜化による結晶配向の乱れにより、 $J_c$  分布が広がり、全体的に  $J_c$  特性を低下したとかがえられる。また、高磁界領域での Y1 での  $J_c$  劣化は、 $d$  が薄いために、ピンニングポテンシャルが小さくなるためである。

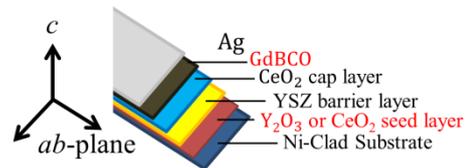


Fig.1 Structure of GdBCO coated conductor.

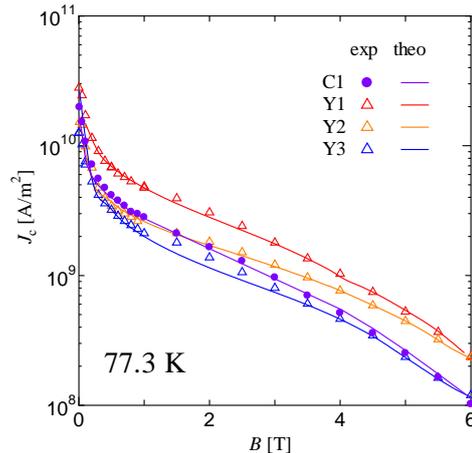


Fig.2: Magnetic fields dependence of  $J_c$  at 77.3 K at magnetic fields parallel to  $c$ -axis. Symbols and lines show experimental results and theoretical predictions of model of flux creep and flow respectively.

[参考文献]

1. Y. Shingai, et al., SEI Technical Review 174 (2009) 105.
2. M. Daio et al., CSJ 44 (2009) 488-495.
3. K. Kimura, et al., Physica C 141 (2006) 445-448.
4. M. Kiuchi, et al., Physica C 278 (1997) 62.

[研究業績]

- (1) 低温工学・超伝導学会 (2011 春, 2011 秋, 2012 秋)
- (2) 応用物理学会 (2011 春, 2012 春, 2012 秋)
- (3) Workshop of Mechanical Electromagnetic Properties of Superconducting Materials (2011)
- (4) 低温工学 九州西日本支部総会 (2011)
- (5) The 3<sup>rd</sup> Japan-Korea Superconductivity Workshop (2011)
- (6) International Cryogenic Engineering Conference 24<sup>th</sup> International Cryogenic Materials Conference (2012)
- (7) Workshop of Mechanical-Electromagnetic Properties of Superconducting Materials 2011
- (8) Applied Superconductivity Conference 2012
- (9) International Symposium on Superconductivity (2011, 2012)