

学生番号	09232062	氏名	秀島 匡彦
論文題目	配向 Ni クラッド基板 PLD 法 Gd 系超伝導線材の臨界電流密度特性		

1. 背景と目的

Pulse Laser Deposition 法(PLD 法)で作られた $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (GdBCO) 超伝導コート線材は臨界電流密度 J_c が優れていて、様々な機器への利用が期待されている。コート線材では、一般的に Hastelloy 基板に Ion Beam Assisted Deposition 法 (IBAD 法) 等を用いて中間層を作製するが、特別な処理を必要とし、コストが高くなる。そこで、Ni クラッド基板に PLD 法を用いて低コストをはかる線材作製が注目されている [1]。さらに、低コスト化をはかるために、高い J_c を得ながら超伝導層を厚く、速く線材を作製する必要がある。

本研究では、配向 Ni クラッド基板を用いた GdBCO 超伝導コート線材の成膜速度が J_c に与える影響を調べた。

2. 実験

測定した試料は成膜速度 v が 20 m/h と 25 m/h の 2 種類で、それぞれ超伝導層の成膜回数が 4、6、10 回と超伝導層厚 d が異なる計 6 枚で、臨界温度 T_c の差がほぼ無い PLD 法 GdBCO 線材である。表 1 に試料緒元を示す。これらの試料に対して、SQUID 磁力計を用いた直流磁化測定で、 J_c - B 特性を評価した。磁界は 0-7 T で、温度は 77.3 K とした。また、磁化緩和測定により E - J 特性を評価した。磁界は 0.5-6 T で、温度は 77.3 K とした。

表 1. 試料緒元

試料	成膜回数	v [m/h]	d [μ m]	T_c [K]
#20-4	4	20	1.30	92.3
#20-6	6		1.95	92.3
#20-10	10		3.25	92.0
#25-4	4	25	1.04	92.6
#25-6	6		1.56	92.6
#25-10	10		2.60	92.4

3. 結果及び考察

図 1 に 77.3 K における各試料の J_c の B 依存性を示す。ここで、高温下 (液体窒素温度) での超伝導体を解析するにあたって、磁束クリープが及ぼす影響を考慮する必要があり、磁束クリープ・フローモデルを用いることで解析可能であるため、磁束クリープ・フローモデルを用いて解析を行う。今回求めるパラメータはピン力 A の最頻値 A_m 、ピン力の分布 σ^2 の二つである。 A は (1) 式のように仮定できる。ここで K は正規化定数である。今回求めたパラメータを表 2 に示す。

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

A_m に注目すると、成膜回数が多くなるにしたがって A_m が小さくなり、劣化傾向がみられる。また、 σ^2 に注目すると、成膜回数を重ねると σ^2 が大きくなり、結晶の配列が劣化している。しかし、成膜速度が遅いほうが σ^2 が小さい。以上より、成膜回数を多くすることで劣化傾向がみられるが、成膜速度を遅くすることで σ^2 が小さくなり、超伝導層の結晶の配列がきれいになることで劣化が抑えられたと考えられる。

図 2 に 77.3 K における臨界電流 I_c の d 依存性を示

す。成膜回数が少ないと成膜速度が速い方、成膜回数が多いほど成膜速度が遅い方が I_c が高い。

よって今回の試料では、 I_c が 200 以下で良ければ少回数・高速成膜で十分であり、 I_c が 250 以上必要になると、多回数・低速成膜を要する。一概に成膜速度が遅い方が良い等とは言えず、必要とする線材の性能により、成膜回数・成膜速度を変えることでさらに、線材作製を低コスト化できると考えられる。

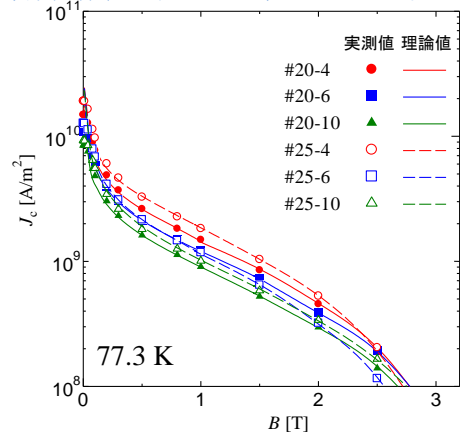


図 1. 77.3 K における J_c - B 特性

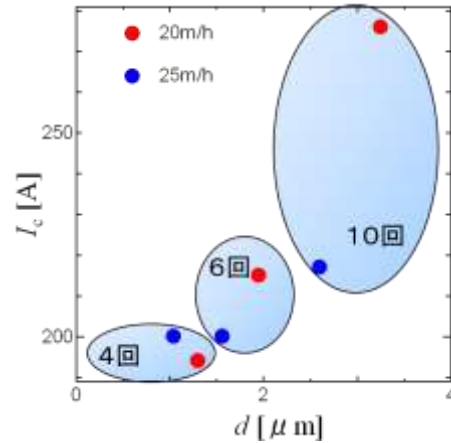


図 2. 77.3 K における I_c - d 特性

表 2. 各試料のピンニングパラメータ

試料	A_m [N/m^3]	σ^2
#20-4	1.62×10^{11}	9.91×10^{-3}
#20-6	1.4×10^{11}	1.09×10^{-2}
#20-10	1.21×10^{11}	1.18×10^{-2}
#25-4	2.35×10^{11}	1.28×10^{-2}
#25-6	1.53×10^{11}	1.3×10^{-2}
#25-10	1.45×10^{11}	1.48×10^{-2}

参考文献

[1] Y. Shingai *et al.*: SEI Technical Review 174 (2009) 105.

謝辞

本研究に用いたコート線材は新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託により開発されたものである。