

# CVD 法による YBCO 線材の臨界電流特性の超電導層厚依存性

Superconducting layer thickness dependence of critical current property in CVD processed YBCO tape.

姫木 携造, 木内 勝, 小田部 荘司, 松下 照男 (九工大);  
式町 浩二, 渡部 智則, 鹿島 直二, 長屋 重夫 (中部電力);  
山田 穰, 塩原 融 (超電導工学研究所)

HIMEKI Keizo, KIUCHI Masaru, OTABE Edmund Soji, MATSUSHITA Teruo (Kyushu Inst. of Tech.);  
SHIKIMACHI Koji, WATANABE Tomonori, KASHIMA Naoji, NAGAYA Shigeo (CEPCO);  
YAMADA Yutaka, SHIOHARA Yuh (SRL)  
E-mail : himeki@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

はじめに 優れた臨界電流密度 ( $J_c$ ) を有する YBCO 線材は様々な応用が期待されているが、IBAD/PLD 法で作製された YBCO 線材では超電導層厚によって臨界電流特性が変化する事が知られており、その詳細について研究報告を行った [1]。現在、様々な作製法にて YBCO 線材が作製されており、これらの超電導層厚依存性についても詳細な調査が必要である。そこで本研究では厚さの異なる 5 つの IBAD/CVD 法で作製された YBCO 線材について、直流磁化法及び四端子法により低電界領域及び通常電界領域での臨界電流特性の厚さ依存性を評価した。また、磁束クリープ・フロー・モデルを用いて理論値を実験値とのフィッティングよりピンパラメータを決定し検討を行った。

実験 本研究で使用した試料は、CVD 法により作製された膜厚の異なる YBCO 線材である。各試料の超電導層の厚さ  $d$  と  $T_c$  は Table 1 に示す。SQUID 磁力計による直流磁化測定と直流四端子法による  $I-V$  測定から臨界電流特性の評価を行った。磁界は  $c$  軸に対して平行に最大 6.5 T まで印加した。電界基準  $E_c$  は SQUID 磁力計では  $1 \times 10^{-9} - 1 \times 10^{-10}$  V/m 程度で、直流四端子法では  $1.0 \times 10^{-4}$  V/m となるとところで  $J_c$  を決定した。不可逆磁界  $B_i$  は  $J_c = 1.0 \times 10^8$  A/m<sup>2</sup> に減少した磁界により決定した。

結果及び検討 SQUID 磁力計、直流四端子法より得られた 0.1 T における  $J_c$  の厚さ依存性を Fig. 1 に示す。測定法によって  $J_c$  の値が違うのは電界基準の違いによる。いずれの場合も厚さの増加に伴い  $J_c(0.1\text{ T})$  は減少する傾向にあるが、 $d = 0.9 \mu\text{m}$  のものを除いて PLD 法の場合の依存性  $J_c \propto d^{-1/2}$  に比べて弱く、超電導組織の劣化が PLD 法よりも抑えられていると考えられる。

また、Fig. 2 に両測定より得られた  $B_i$  の厚さ依存性を示す。 $B_i$  については電界領域によって異なる振る舞いをしていることが分かる。低電界領域においては厚さ増加に伴い  $B_i$  は増加する傾向にある一方、通常電界領域においては厚さ増加に伴い  $B_i$  は減少する傾向にある。これについても PLD 法と同様の結果が得られた。 $B_i$  近傍ではピンニング相関距離が超電導層の厚さよりも十分長く、二次元ピンニングとなる。この場合には仮想的な臨界電流密度  $J_{c0}$  と磁束バンドル中の磁束線数  $g^2$  を用いてピンポテンシャルは  $U_0 \propto g^2 J_{c0} d$  のような依存性をもつ。 $g^2$  は外部磁界  $B$  の増加に伴い増加し、かつ超電導層が薄いほど磁束クリープの影響を受けにくくなるように顕著に増加する。そのために Fig. 2 に示すように通常電界領域では薄い試料ほど高い  $U_0$  をもつ。一方で、低電界領域においては逆の振る舞いを示しているが、これは結果として  $B_i$  が低いために  $g^2$  が増加する余地が無く、試料間の  $g^2$  の差が小さくなって  $d$  の依存性が強く現れたためである。な

お  $J_c$ - $B$  特性や  $E$ - $J$  特性、および理論結果との比較等については当日報告する。

Table 1: Specification of specimens.

specimen	thickness $d$ ( $\mu\text{m}$ )	$T_c$ (K)
#1	0.18	87.9
#2	0.36	88.8
#3	0.45	89.5
#4	0.63	90.0
#5	0.90	88.5

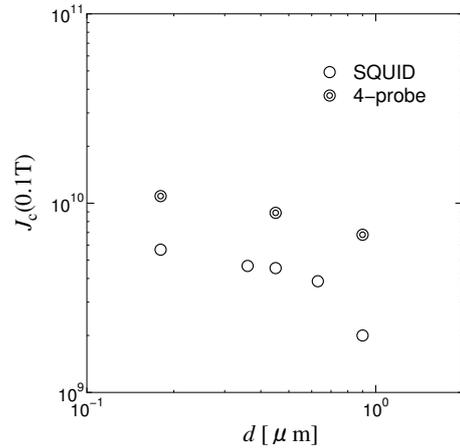


Fig. 1: Thickness dependence of  $J_c$  (0.1T) at 77.3 K.

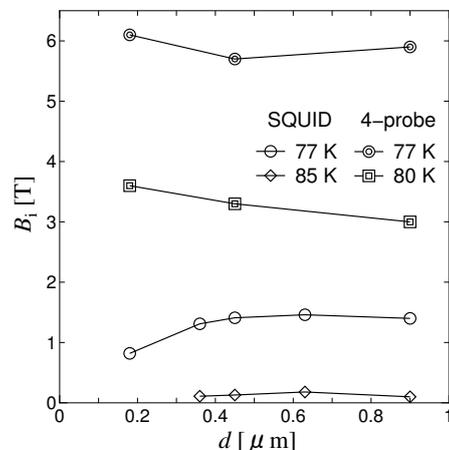


Fig. 2: Thickness dependence of irreversibility field in the temperature region of 77.3-85 K.

謝辞 本研究は、超電導応用基盤技術研究開発業務の一環として、ISTEC を通じて NEDO の委託により実施したものである。

参考文献 [1]K. Himeki *et al.*, Abstracts of CSJ Conference, Vol. 76 (2007) p.146.