

YBCO 薄膜の自己磁界下臨界電流密度の温度依存性

Temperature dependence of self-field critical current densities in YBCO thin films

産総研¹ ○山崎 裕文¹AIST¹ Hirofumi Yamasaki¹

E-mail: h.yamasaki@aist.go.jp

はじめに 筆者らは、YBCO 薄膜の臨界電流密度の磁界角度依存性 $J_c(H, \theta)$ 測定と透過電顕観察による磁束ピン止め機構の解明を進めてきた。量子化磁束径より小さな微細ナノ析出物は、中磁界領域 $\mu_0 H = 0.5\text{--}2\text{ T}$ で ab 平面中心の $J_c(\theta)$ ピークをもたらし [1], [2]、その温度依存性が、 $J_c(T) \sim (1 - T/T_c)^m(1 + T/T_c)^2$, $m = 2.5$ に近い特性を示した [2], [3]。今回、様々な YBCO 薄膜の自己磁界下の $J_c(T)$ について調べた。

実験結果と考察 高濃度の微細ナノ析出物（直径 $Di \leq 7\text{ nm}$ 、体積 V ）を含む YBCO 薄膜 A, B の $\mu_0 H = 0.5\text{--}1\text{ T}$ ($\parallel c$ -axis) の温度依存性は、 $J_c(T) \sim (1 - T/T_c)^m(1 + T/T_c)^2$, $m \approx 2.5$ となった（図 1）[2], [3]。これは、コアピン止め相互作用による要素的ピン止め力が $f_p = \mu_0 H_c^2 V / 2\xi_{ab}$ となり（ ξ_{ab} : GL コヒーレンス長）、 N_p をピン濃度、 η を磁束ピン止め効率として $J_c = F_p / B = \eta H_c^2 V N_p / 2\xi_{ab} H$ となって、その温度依存性が $J_c(T) \sim (1 - T/T_c)^{2.5}(1 + T/T_c)^2$ となるからである [2], [3]。しかし、図 1 に示す薄膜 A, B とも、自己磁界下では $J_c(T) \sim (1 - T/T_c)^m(1 + T/T_c)^2$, $m = 1.5\text{--}1.7$ と m が小さくなった。図 2、3 に、比較的大きなナノ析出物を高濃度を含む YBCO 薄膜 C, D、積層欠陥とその周辺部の転位が主要ピンと考えられている、フッ素フリー (FF) MOD 法 YBCO 薄膜 E, F の $J_c(T)$ を示す。 $\mu_0 H = 0.5\text{--}1\text{ T}$ ($\parallel c$ -axis) では、 $J_c(T) \sim (1 - T/T_c)^m(1 + T/T_c)^2$, $m = 2.0\text{--}2.5$ の温度依存性を示し [3], [4]、後者の $m \approx 2.0$ については、線状ピンである転位ピンによるとして説明できる [4]。いずれの薄膜についても、自己磁界下の J_c は $J_c(T) \sim (1 - T/T_c)^m(1 + T/T_c)^2$, $m = 1.2\text{--}1.8$ と m がより小さい値となった。図 1、3 の薄膜で、濃度は低いものの確かに存在する比較的大きなナノ析出物が自己磁界下の J_c を規定していると考えられる。

文献 [1] H. Yamasaki et al: SuST, **21** (2008) 125011. [2] H. Yamasaki: SuST, **29** (2016) 065005.
[3] H. Yamasaki & H. Yamada: Physica C, **542** (2017) 46. [4] H. Yamasaki et al: Physica C, **478** (2012) 19.

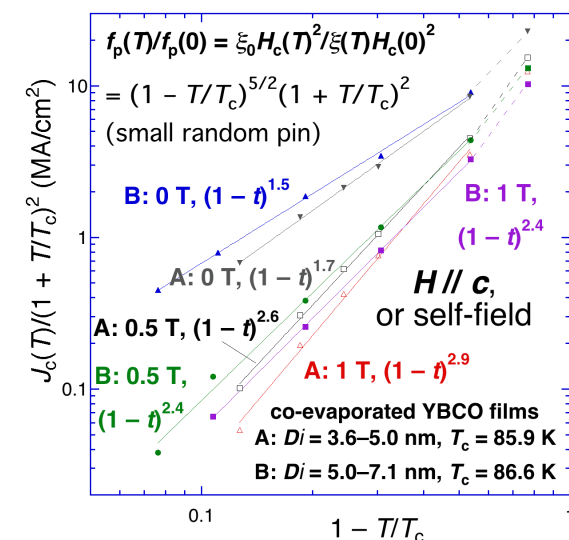
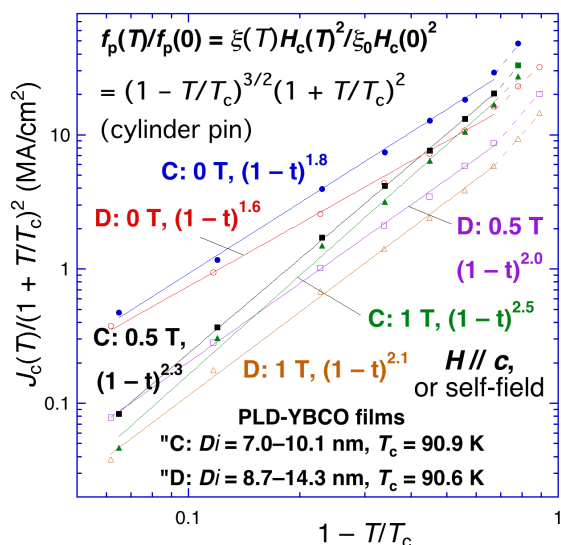


図 1 微細ナノ粒子を含む YBCO 薄膜 A, B の $J_c/(1 + T/T_c)^2$ vs $1 - T/T_c$ プロット

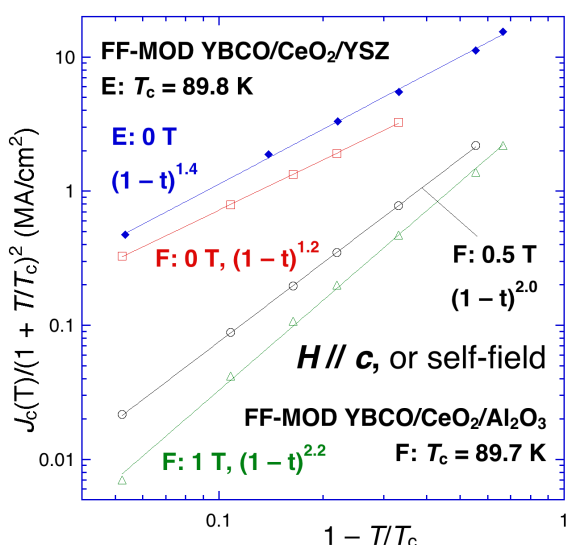


図 2、3 高濃度ナノ粒子含有 YBCO 膜 C, D、FF-MOD YBCO 薄膜 E, F の $J_c/(1 + T/T_c)^2$ vs $1 - T/T_c$