

所属専門分野	電子情報工学分野 (小田部研究室)		
学籍番号	05674025	氏名	木村 健吾
論文題目	YBCO-coated 線材における不可逆磁界の超伝導層厚依存性		

1. はじめに YBCO-coated 線材はBi系線材に比べて磁界中の臨界電流密度 J_c が高く、次世代線材として期待されている。その中でも最も一般的に作製されているIBAD/PLD法 coated 線材では J_c が超伝導層厚に依存している。その原因の一つは厚くしたときの超伝導組織の劣化による J_c の減少である。一方、高温及び高磁界では構造の悪化に加え、磁束線の熱振動による影響に関係していることがわかった¹⁾。様々な応用に適した最適な J_c 特性となるような厚さを決定する方法を見つけるためには、更なる実験と理論的解析が必要である。本研究では、広い電界領域で膜厚の異なる試料を測定し、臨界電流特性特に不可逆磁界 B_i の超伝導層厚依存性について磁束クリープ・フローモデルを用いて議論した。

2. 実験 本研究で測定した試料はPLD-CeO₂/IBAD-GZO/Hastelloy 基板にPLD-YBCO層を成膜させたYBCO-coated 線材である。各試料の超伝導層厚 d と臨界温度 T_c を表1に示す。直流四端子法(通常電界領域)及びSQUID磁力計による直流磁化測定を行い、その磁化緩和(低電界領域)から電圧-電流密度特性及び臨界電流密度を求めた。測定の際、磁界は c 軸に平行に7 Tまで印加した。四端子法で得られた結果では、電界基準 E_c が0.5 mV/mとなるとこで J_c を決定した。不可逆磁界 B_i は J_c が100 MA/m²に減少した磁界により決定した。

表1 試料の膜厚と臨界温度

試料	膜厚 d (μm)	T_c (K)
A	0.25	88.6
B	0.50	90.1
C	0.75	87.0
D	1.0	88.2

3. 結果及び検討 図1にそれぞれの測定から得られた77.3 Kにおける臨界電流密度の磁界依存性を示す。挿入図は低磁界領域を拡大したものである。それぞれの測定で磁界依存性が大きく異なるのは、 J_c を決定した電界基準が異なるためである。自己磁界では両電界領域とも薄い試料の J_c が高い。一方、高磁界においては通常電界領域では薄い試料の J_c が高いが、低電界領域では薄い試料の J_c が急激に劣化している。ただし、試料Bの J_c が高いのは T_c が高いためである。つまり、不可逆磁界の超伝導層厚依存性が電界領域で大きく異なる。低電界領域で得られた薄い試料の特性の劣化は磁束クリープの影響を顕著に受けたためだと考えられる。

これら結果を磁束クリープ・フローモデルを用いて解析を行った。その結果、磁束バンドル中の磁束線

の数を表す g^2 は薄いほど大きくなって磁束クリープに対し有利となるが、低電界では不可逆磁界が結果的に低く制限されてしまうため、こうした有利さを発揮できないことがわかった。つまり、通常電界領域では磁束クリープの影響が抑えられ薄い方の B_i が高くなり、低電界領域では薄い試料ほど磁束クリープの影響を顕著に受け、 B_i が減少したと考えられる。これ以外の様々な厚さの試料についても同様なふるまいが認められるが、こうした結果は磁束クリープの下で J_c が最大となるように g^2 が決定するという熱力学的な原理によって説明することができた。

4. まとめ YBCO-coated 線材に対する不可逆磁界の超伝導層厚依存性について、熱力学的な原理に基づく g^2 のふるまいを仮定し、磁束クリープ・フローモデルを用いることでおおよそ説明することができた。この結果から、厚い試料は低電界領域で有利であるため永久電流を用いる応用に有効であり、一方、薄い試料は通常電界領域で有利であるため交流下での応用に有効であることが明らかになった。

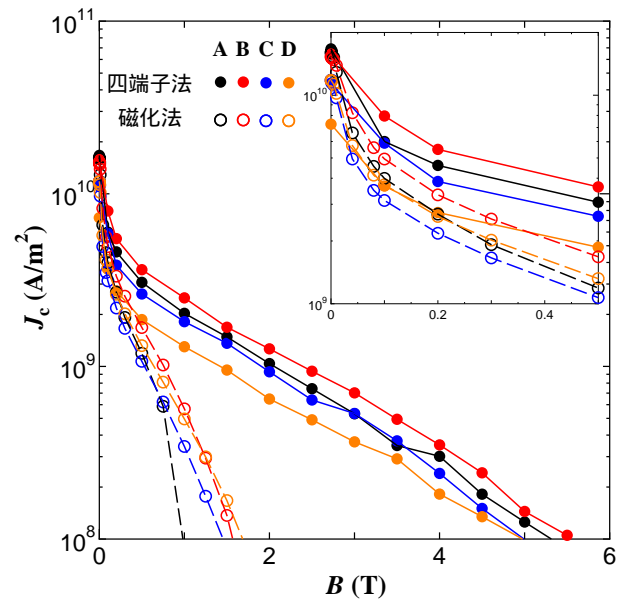


図1 77.3 Kにおける臨界電流密度の磁界依存性

【参考文献】

1) K. Kimura *et al.*, Physica C 445 (2006) 141

【研究業績】

(1) 電気関係学会九州支部(2005)
(2) 応用物理学会(2005秋, 2006春, 秋)
(3) 低温工学超伝導学会(2005春, 秋, 2006春, 秋)
(4) International Symposium on Superconductivity (2005, 2006)
(5) 低温工学九州・西日本支部 第1回研究会(2006)