

YBCO コート線材における永久電流の緩和特性の超伝導膜厚依存性

Superconducting layer thickness dependence of relaxation propaties of persistent current in YBCO coated conductor.

松谷 文也, 姫木 携造, 木内 勝, 小田部 莊司, 松下 照男 (九工大);
 宮田 成紀, 衣斐 順, 山田 穂, 塩原 融 (超電導工学研究所)
 MATSUTANI Fumiya, HIMEKI Keizo, KIUCHI Masaru, OTABE Edmund Soji,
 MATSUSHITA Teruo (Kyushu Inst. of Tech.); MIYATA Seiki, IBI Akira, YAMADA Yutaka,
 SHIOHARA Yuh (SRL)
 E-mail : matutani@aquarius10.cse.kyutech.ac.jp

1.はじめに 現在、IBAD/PLD 法で作製された YBCO コート線材については、低温・高磁界における応用の一つとして超伝導磁気エネルギー貯蔵(SMES)が期待されている。ここで高磁界側での臨界電流密度 J_c 、つまり不可逆磁界 B_i を向上させるには、超伝導層を厚くすることが有効であることが知られている¹⁾。一方、低磁界側では膜厚の薄い試料は超伝導組織の劣化が見られることから、薄い試料において J_c が高くなることが知られている。このように YBCO コート線材における膜厚依存性はとても複雑である。ここでは、応用に適した超伝導層の厚さを調査するため、膜厚が異なる YBCO コート線材試料の永久電流の緩和特性を評価し、見かけのピンポテンシャル U_0^* の評価を行った。

2. 実験 今回使用した試料は、IBAD/PLD 法により作製された超伝導膜厚の異なる YBCO コート線材である。Table1 に試料の諸元を示している。臨界電流密度 J_c と磁化緩和率を評価するために、SQUID 磁力計により広い温度範囲で直流磁化緩和の測定を行った。測定の際に、磁界は c 軸に対して平行に印加した。不可逆磁界 B_i は J_c が 1.0×10^8 A/m² に減少した磁界により決定した。

Table1: Specification of specimens

specimen	thickness d (μm)	T_c (K)
#1	0.25	88.6
#2	0.50	90.1
#3	0.75	88.2
#4	1.00	87.0

3. 結果及び検討 Fig.1 に各試料の 60 K における磁化の緩和特性を示す。ここで M_0 は $t = 10^2\text{--}10^3$ s から $t = 1$ s まで外挿したときの磁化 M の値である。Fig. 1 より超伝導層の薄い試料は、厚い試料に比べて緩和率が大きく、特性が悪いことが分かる。これは高温領域において、膜厚の薄い試料は磁束クリープの影響を受けやすいためである。これより超伝導層の厚い試料のほうが、高温領域において緩和特性はよいと考えられる。

次に $U_0^* = -k_B T [d(M/M_0)/d\log t]^{-1}$ の関係より、磁化の緩和率から導いた見かけのピンポテンシャル U_0^* の結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 より各試料を比較すると、低温側では U_0^* の値はあまり超伝導層の厚さに依存しないが、高温領域では超伝導層の厚さ増加に伴い U_0^* が増加しているのが見受けられる。低温側では、3 次元ピンニング状態であると考えられ、 U_0^* は超伝導層の厚さに依存せず、ピンニングの強さにのみ依存すると予想される。一方、中・高温度領域では 2 次元ピンニング状態になって、ピンポテンシャルが超伝導層の厚さに制限されるということから、超伝導層が厚い試料ほど U_0^* の値が大きくなっている。

解析についてはピン力の分布を考慮した、磁束クリープ・フローモデルを用いて E - J 特性の実験値と理論値をフィッティングさせ、ピンニング・パラメータを抽出した。導出した U_0^* の理論値と実験値の比較を行った結果、磁束クリープ・フローモデルにより、おおよそ説明することができた。以上の結果より、見かけのピンポテンシャル U_0^* を向上させるためには、低温領域では 3 次元ピンニ

ング状態であるため、 U_0^* が超伝導層の厚さに依存しないことから、 J_c が高いことが望ましく、ピン力の増加が効果的であると考えられる。また、高温領域では 2 次元ピンニング状態であると考えられるため、縦方向のピンニング相関距離が厚さに制限され、この影響が最も大きいことから、超伝導層の厚さを増加させることが有効であると考えられる。

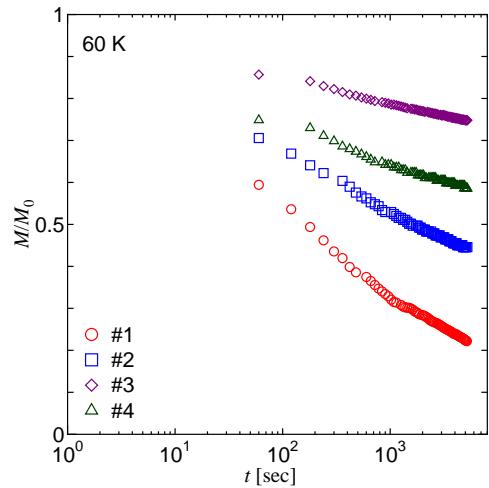


Fig.1 : Relaxation of magnetization at 60 K at 1 T.

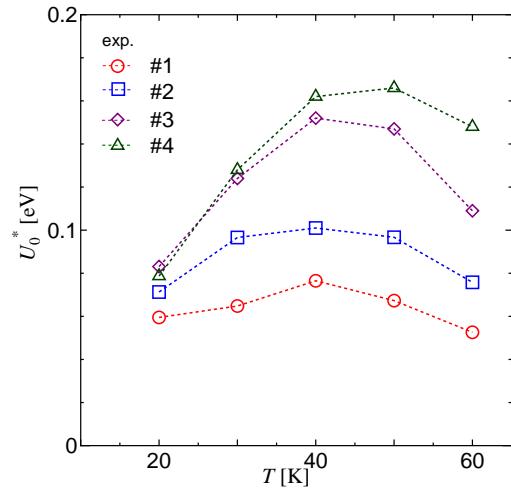


Fig.2 : Temperature dependence of apparent pinning potential at 1 T.

【参考文献】

- 1) 姫木ら : 第 76 回低温工学・超伝導学会 講演概要集 2P-p09

謝辞 本研究は、超電導応用基盤技術開発の一環として、ISTEC を通じて NEDO からの委託を受けて実施したものである。