

# 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

04232074 小田部研究室 松谷 文也

**1. はじめに** 超伝導体は、臨界温度  $T_c$  以下に冷却することによって電気抵抗がゼロとなる特性があり、その応用が期待されている。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<sup>1)</sup>。これはピンニング相関距離が超伝導層の厚さより長くなる二次元的なピンニングのため、膜厚が薄いとピン・ポテンシャルが小さい値に制限されるためである。一方、低磁界側では膜厚の厚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、一つの応用例として20 K、高磁界で使用するSMESの場合に、どの厚さの超伝導層が応用に適しているかを詳しく調査する。そのために、YBCOコート線材における膜厚の異なる試料での特性評価をSQUID磁力計で行い、永久電流の緩和特性の超伝導膜厚依存性を調べた。

**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。表1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  $1.0 \times 10^8$  A/m<sup>2</sup> に減少した磁界により決定した。

表1. 試料の諸元

specimen	thickness $d$ ( $\mu\text{m}$ )	$T_c$ (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** 図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  $t = 10^2 - 10^3$  s から  $t = 1$  s まで外挿したときの磁化  $M$  の値である。図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なり特性が悪くなっていることが分かる。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。また、低温領域の30 Kにおける結果については論文で結果を議論する。

次に  $U_0^* = -k_B T [d(M/M_0)/d \log t]^{-1}$  の関係より、緩和率から導いた見かけのピンポテンシャル  $U_0^*$  の結果を図2に示す。図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。これより低温側では、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、ピンニングの強さのみ依存すると予想される。一方、中・高温領域では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・パラメータを抽出する。その結果から導出した  $U_0^*$  の理論値と実験値の比較及び詳細な検討は当日発表する。

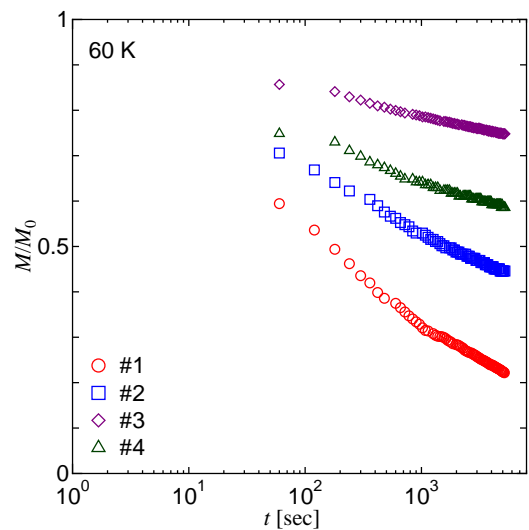


図1. 60 K, 1 Tにおける各試料の磁化緩和特性

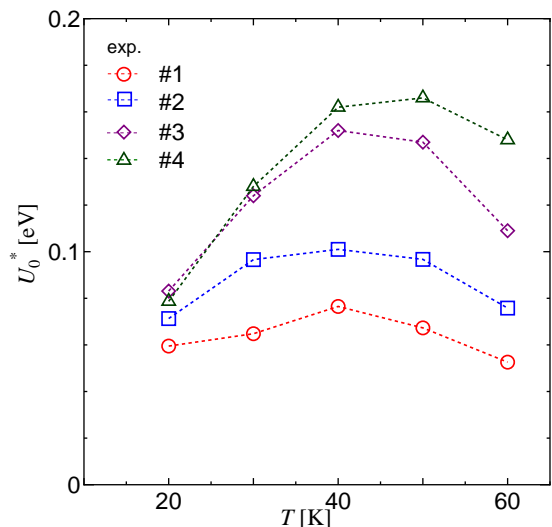


図2. 各試料の1 Tにおける  $U_0^*$  の温度依存性

**【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