

# 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

電子情報工学科 小田部研究室 04232062 野中俊宏

## 1. はじめに

現在、Ion Beam Assisted Deposition (IBAD)/Pulsed Laser Deposition (PLD) 法で作製された  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  YBCO コート線材は、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が期待されている。応用には永久電流モードを利用するので、電流の緩和特性が非常に重要である。長尺線材の場合、1 T 程度の低磁界領域での見かけのピンポテンシャル  $U_0^*$  は、超伝導膜厚には依存せず3次元ピンニング状態であると考えられるため、 $J_c$  が高いことが望ましい。一方、高磁界領域で、緩和特性を向上させるには、超伝導層の厚さを増加することが有効であるということが知られている<sup>1)</sup>。また、臨界電流特性そのものも膜厚に依存しており、これらのことより特性の良い長尺線材を作製するためには、短尺試料を用いて最適成膜条件を様々な観点から考察し、目的に応じた適切な膜厚を明らかにする必要がある。そこで本研究では、短尺 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、電流の緩和率から導出した  $U_0^*$  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。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  $1.0 \times 10^8 \text{ A/m}^2$  に減少した磁界により決定した。

表1 試料の諸元

試料	Thickness $d(\mu\text{m})$	$T_c(\text{K})$
#1	0.50	88.4
#2	1.00	88.2
#3	1.50	88.4

## 3. 結果及び考察

見かけのピンポテンシャル  $U_0^*$  は磁化  $M$  の緩和率から、 $U_0^* = -k_B T [d(M/M_0)/d \log t]^{-1}$  により与えられる。ただし  $M_0$  は  $M$  の初期値である。図1に20 Kにおける  $U_0^*$  の実験値の磁界依存性を示す。低磁界、高磁界領域において比較すると試料間で大きな差は見受けられないが、高磁界になると#1が少しずつ低い値を示してきている。

この結果に対して、磁束クリープ・フローモデルを用いて解析を行った。具体的には  $E$ - $J$  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。得られた  $E$ - $J$  特性から導出した  $U_0^*$  の理論値を図2に示す。この結果を図1の実験結果と比較してみると、磁束クリープ・フローモデルによってよく説明できている。この結果より得られたパラメータから、磁束線の長さ方向のピンニング相関距離  $L$  を求めたところ、低磁界・高磁界のどの領域でもすべての試料で  $L$  は膜厚より小さい値を示していた。このことから、 $U_0^*$  が膜厚に依存しておらず3次元ピンニング状態であるため、 $J_c$  の大きさに依存していると考えられる。そのため

試料間で大きな差は見られなかった。一方、長尺試料の薄い試料では高磁界領域でピンニング相関距離が膜厚を越え、2次元ピンニング状態であるため低い値を示していた。これより、短尺 YBCO コート線材のように高配向の試料では、薄い試料でも高磁界領域で高い特性を示すということが分かる。したがって20 Kの低温領域において、高磁界領域では厚膜化せずとも結晶配向を向上させることで特性改善が見込めることが分かった。

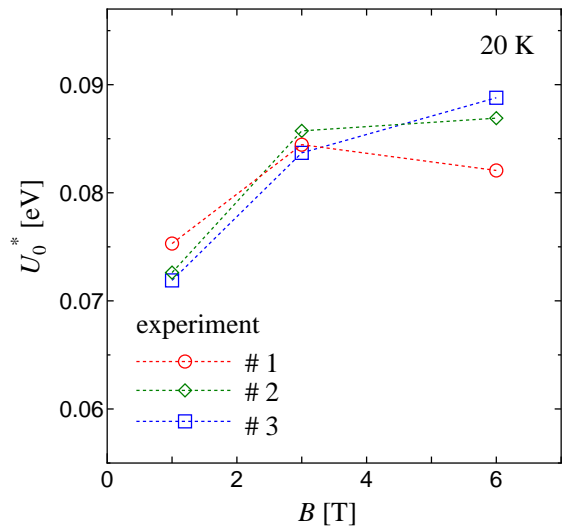


図1  $U_0^*$  の実験値の磁界依存性

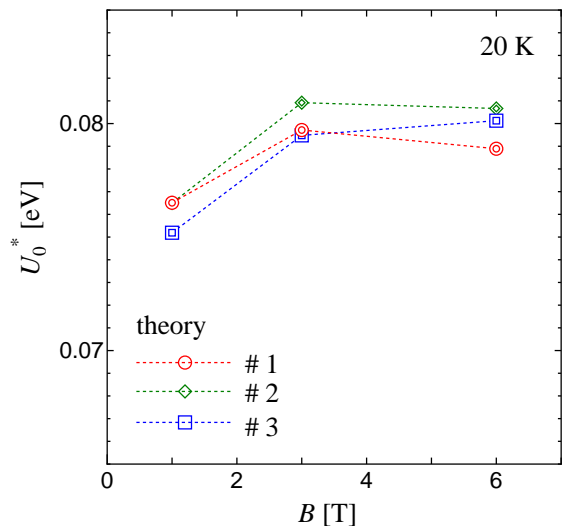


図2  $U_0^*$  の理論値の磁界依存性

### 【参考文献】

- 1) 姫木ら：第76回低温工学・超電導学会講演概要集 2P-p09 低温工学第39巻(2004) p.511