

高温超伝導体の c 軸および ab 面方向における スプレイ柱状欠陥の磁束ピンニング特性

Flux Pinning Properties for $B \parallel c$ -axis and $B \parallel ab$ -plane in High- T_c Superconductors with Splayed Columnar Defects

熊大工 〇末吉 哲郎, 古木 裕一, 甲斐 隆史, 藤吉 孝則

Kumamoto Univ., 〇Tetsuro Sueyoshi, Yuuichi Furuki, Takafumi Kai, Takanori Fujiyoshi

E-mail: tetsu@cs.kumamoto-u.ac.jp

1. はじめに

高温超伝導体における等方的な臨界電流密度 J_c の磁場角度依存性を実現する一つの方法として、複数方向への 1 次元ピンの導入が考えられる。これまで我々は、複数方向の柱状欠陥は c 軸方向の J_c の改善には有効に作用するが、 ab 面方向の J_c には有効に作用しないような振る舞いを確認している[1]。ただし、測定試料が膜厚約 300 nm の薄膜のため、試料の形状効果も関与している可能性がある。

本研究では、超伝導層の膜厚が 2.2 μm の GdBCO テープ線材を用いて、重イオン照射により c 軸、 ab 面それぞれに対して 2 方向 ($\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$) に交差したスプレイ柱状欠陥を導入し、 $B \parallel c$ と $B \parallel ab$ における磁束ピンニング特性について議論する。

2. 実験および結果

照射に用いた試料は、フジクラ製の GdBCO テープ線材(5cm 幅, 膜厚 2.2 μm , $I_c = 280\text{A}$)で、フォトリソグラフィにより長さ 1 mm, 幅約 40 μm のブリッジに加工した。重イオン照射には、270 MeV の Xe イオンを用いた。試料に 2 方向の交差したスプレイ柱状欠陥を導入するために、 c 軸に対して $\theta_i = \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 60^\circ, \pm 75^\circ$ でそれぞれビームを傾けて照射を行った。このとき、照射方向は試料の長さ方向に対して常に垂直になるようにした。照射量は、それぞれの方向において 9.67×10^{10} ions/cm 2 (マッチング磁場 $B_\phi = 2$ T) とした。 J_c の磁場角度依存性では、電流と常に直交するように磁場を印加し、磁場と c 軸のなす角度 θ として測定を行った。

Fig.1 に、77.3 K, 4 T における J_c の磁場角度依存性を示す。 $B \parallel c$ ($\theta = 0^\circ$) 付近の J_c に注目すると、 $\theta_i = \pm 15^\circ$ と $\pm 30^\circ$ の試料において、 $\theta = 0^\circ$ を中心に単一の J_c のピークが出現し、 $\theta = 0^\circ$ を中心として交差角が小さいほど、幅は狭く、高いピーク値を示す。これは、交差した柱状欠陥によるスプレイ効果に起因していると考えられる[2]。一方、 $B \parallel ab$ ($\theta = 90^\circ$) 付近の J_c では、 $\theta_i = \pm 60^\circ$ と $\pm 75^\circ$ の試料において、 J_c のピークは

照射方向にそれぞれ現れ、照射方向の中心となる $\theta = 90^\circ$ 方向では J_c は逆に減少し、窪みが見られる。同様な振る舞いは、膜厚 300nm の YBCO 薄膜の照射試料でも現れている[1]。以上より、 c 軸方向でみられる交差した柱状欠陥によるスプレイ効果は、 ab 面方向においては生じていないようである。ただし、 $\theta_i = \pm 15^\circ$ と $\pm 30^\circ$ の試料では、 $\theta = 90^\circ$ 方向でほぼ同じ値を示しているのに対し、さらに ab 面を中心として交差角を小さく (θ_i を大きく) すると、 J_c の値自体は高くなる傾向がみられる。すなわち、 ab 面方向の J_c に対して、スプレイ柱状欠陥が全くピンニング作用していないというわけではないようにみえる。

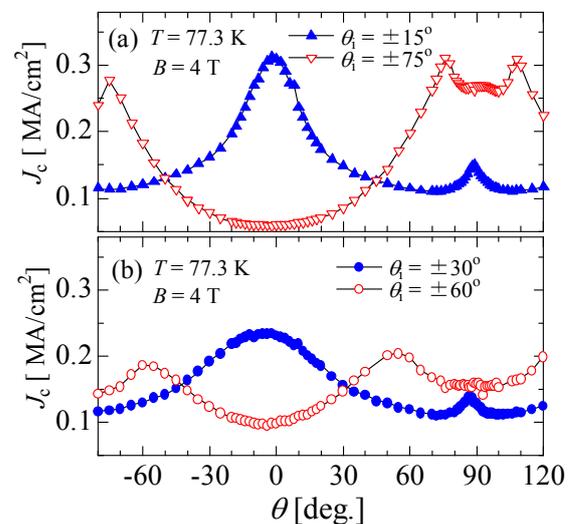


Fig.1 Angular dependences of J_c in GdBCO coated conductors with splayed columnar defects crossing at various angles.

- 1) T. Sueyoshi *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. 23 (2013) 8002404.
- 2) L. Krusin-Elbaum *et al.*, Phys. Rev. Lett. 76 (1996) 2563.