# *ab* 面に複数の角度で傾斜した柱状欠陥を含む YBCO 薄膜のピン止め特性

## Pinning Properties in YBCO Films with Columnar Defects Inclined at Several Angles Relative to *ab*-plane

熊大工 [1]，原子力機構 [2]　○末吉哲郎 [1]，榎畑龍星 [1]，山口裕史 [1]，藤吉孝則 [1]，
喜多村茜 [2]，奥野泰希 [2]，石川法人 [2]

Kumamoto Univ. [1], JAEA [2], ○Tetsuro Sueyoshi[1], Ryusei Enokihata[1], Hiroshi Yamaguchi[1], Takanori Fujiyoshi[1], Akane Kitamura[2], Yasuki Okuno[2], Norito Ishikawa[2]

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

### 1. はじめに

高温超伝導体の $B \parallel ab$ 付近の臨界電流密度 $J_c$ に対する 1 次元ピンの影響を明らかにするために，我々はこれまで重イオン照射において *ab* 面方向に対する入射角を制御し，*ab* 面方向に対して傾斜した柱状欠陥および交差した柱状欠陥の影響について調べてきた[1,2]．*ab* 面に対し傾斜した柱状欠陥のピン止めは，その導入方向と一致する磁場では $J_c$ の向上に寄与するが，その有効な磁場角度範囲は，*ab* 面に対する柱状欠陥の傾斜角が小さいほど狭いことを明らかにしている[1]．本研究では，YBCO 薄膜の *ab* 面に対して 2 つの傾斜角度で柱状欠陥を導入し，柱状欠陥のピン止めの有効な磁場角度範囲に与える影響について調べた．

### 2. 実験および結果

PLD 法で作製した *c* 軸配向した YBCO 薄膜に対し，原子力機構のタンデム加速器にて 200 MeV の Xe イオンを用いて重イオン照射を行った．*ab* 面に対して 5°, 15°の交差角での柱状欠陥を導入するために，*c* 軸に対して $\theta_i$ = 85°, 75°の角度にビームを傾けて照射を行った．照射量は，その導入方向に対し $3.63\times10^{10}$ ions/cm$^2$（マッチング磁場 $B_\phi$ = 0.75 T）である．さらに，$\theta_i$ = 85°で傾斜した柱状欠陥を導入した試料に対し，$\theta_i$ = 75°の傾斜角で同じ照射量で照射を追加し，2 つの傾斜角で導入した柱状欠陥をもつ試料を用意した．$J_c$ の磁場角度依存性は，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 $\theta$ として測定を行った．

Fig.1 に，$\theta_i$ = 75°, 85°と $\theta_i$ = 85°の試料に追加で傾斜角 75°の柱状欠陥を導入した YBCO 薄膜のそれぞれの $J_c$ の磁場角度依存性を示す．1 つの傾斜角で柱状欠陥を導入した試料では，その導入方向において $J_c$ のピークが現れ，未照射試料より高い値を示している．これらの柱状欠陥のピン止めの有効な磁場角度範囲は，磁束線の線張力の異方性を考慮した柱状欠陥のトラップ角度で説明できる[3]．一方，2 つ傾斜角で柱状欠陥を導入した試料では，$\theta_i$ = 75°と 85°の中間の磁場方向で，$J_c$ が増加し，ピークが現れている．ただし，$\theta$ = 75°以下および $\theta$ = 90°以上の磁場方向で，$J_c$ が測定試料の中で最も低くなっている．これは，*ab* 面に傾斜して追加された柱状欠陥により，*c* 軸方向付近および *ab* 面に対し向かい側の磁場方向での磁束線のチャネルフローが更に促進されたためと考えられる．

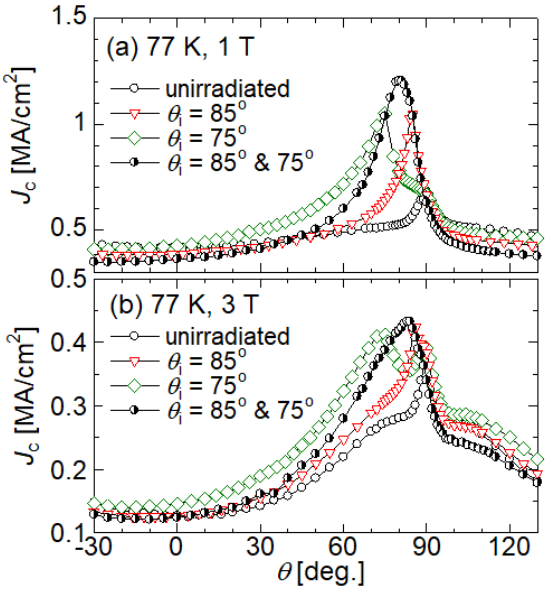



Fig.1 Angular dependences of $J_c$ in YBCO films with columnar defects tilting off the *ab*-plane by $\theta_i$.

### 謝辞

本研究の一部は，原研タンデム加速器施設供用利用制度，および科研費（16K06269）の助成を受けて実施したものである．

### 参考文献

[1] 末吉ら, H28 秋季応用物理学会 14a-P4-37
[2] 末吉ら, H29 秋季応用物理学会 6p-S42-7
[3] G. Blatter *et al.*, Rev. Mod. Phys. 66 (1994) 1125.

© 2019年 応用物理学会