

80 MeV Xe イオンを照射した高温超伝導体に形成される 柱状欠陥構造の照射方向依存性

Direction-dependent Morphologies of Columnar Defects in High- T_c Superconductors Irradiated with 80 MeV Xe Ions

熊大工¹, 東北大金研², 関学大理工³, 住重アテックス(株)⁴, 原子力機構⁵

○末吉哲郎¹, 千星聡², 尾崎壽紀³, 坂根仁⁴, 石川法人⁵

Kumamoto Univ.¹, Tohoku Univ.², Kwansai Gakuin Univ.³, SHI-ATEX Co., Ltd.⁴, JAEA⁵

○Tetsuro Sueyoshi¹, Satoshi Semboshi², Toshinori Ozaki³, Hitoshi Sakane⁴, Norito Ishikawa⁵

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

1. はじめに

高温超伝導体に対するイオン照射を用いたピン止め点の導入は、試料作製過程と独立に形状、密度、欠陥方向の制御を行うことができるため、磁束ピン止め構造の最適化を効率的に行うことが期待できる。我々は、これまで高温超伝導体に対して低エネルギーの重イオン照射を行うことで、 c 軸方向に不連続な柱状欠陥を導入し、連続的な柱状欠陥より高い臨界電流密度(高 J_c)を示すことを報告している[1]。一方、 c 軸方向で不連続となる柱状欠陥の構造は、 c 軸から 45° 傾けた同じエネルギーのイオン種の照射では連続的な柱状欠陥の形成となることも明らかにした。

本研究では、高温超伝導体に対してイオン照射を用いて任意の方向に不連続な柱状欠陥を導入する手段を確立するための第1段階として、 c 軸方向に不連続な柱状欠陥を形成することができる80 MeVのXeイオンビームを、 c 軸から 20° , 45° , 85° と傾けて高温超伝導線材に照射し、その照射欠陥構造について調べた。

2. 実験および結果

照射試料には、フジクラ製のGdBCOテープ線材(5cm幅, 膜厚 $2.2\mu\text{m}$, $I_c = 280\text{A}$)をフォトリソグラフィにより長さ1mm, 幅約 $40\mu\text{m}$ のブリッジに加工して用いた。80 MeVのXeイオン照射は、原子力機構のタンデム加速器において行われた。 c 軸方向に形成される照射欠陥と直接比較できるように、同一試料において c 軸方向と c 軸に対して $\pm\theta$ ($\theta = 20^\circ, 45^\circ, 85^\circ$)の3つの角度で照射を行った。各方向の照射量は、 2.42×10^{10} ions/cm² (マッチング磁場 $B_\phi = 0.5\text{T}$)である。照射欠陥の微細構造の観察は、透過型電子顕微鏡(TEM)による断面像観察を通して行った。

Fig.1に、 $\theta = 0^\circ, \pm 20^\circ$ の角度で照射した試料

の断面TEM像を示す。試料表面付近では、 c 軸方向に沿って、不連続な構造の柱状欠陥の形成を確認できる。高温超伝導体における柱状欠陥の形状は、イオン照射時の電子的阻止能 S_e の値に影響される[2]。80 MeV Xeイオン照射では、 $S_e \sim 20\text{keV/nm}$ であり、これはY系高温超伝導線材の c 軸方向に不連続な柱状欠陥の形成が報告されている74 MeV Agイオン照射での $S_e \sim 19\text{keV/nm}$ の値とほぼ一致している[3]。一方、照射方向が c 軸から 20° 傾いて形成される柱状欠陥は、 c 軸から 45° 傾いて照射した場合[1]と同様に、表面付近では試料を貫通するような連続的な構造になっている。

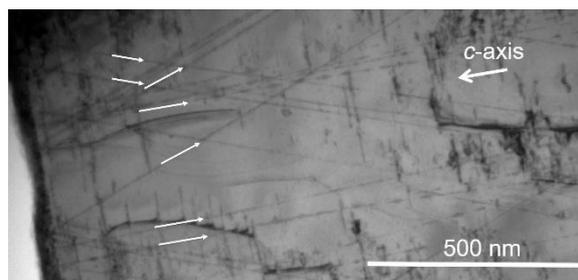


Fig.1 Cross-sectional TEM image of the GdBCO coated conductor irradiated with 80 MeV Xe ions at $\theta = 0^\circ$ and $\pm 45^\circ$ relative to the c -axis.

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(19K04474)の助成を受けて実施したものである。

参考文献

- [1] Sueyoshi *et al.* JJAP 59 (2020) 023001.
- [2] Zhu *et al.*, PRB 48 (1993) 6436.
- [3] Strickland *et al.* Physica C 469 (2009) 2060.