

23Dp05

アニーリングによるバンドル状繊維構造の形態および電界電子放出特性の変化

Changes of nano-tendrils morphology and field emission property by annealing

張 容実¹⁾、梶田 信²⁾、皇甫 度均³⁾、田中 宏彦¹⁾、大野 哲靖¹⁾
Zhang Rongshi 1), Kajita Shin 2), Hwangbo Dogyun 3), Tanaka Hirohiko 1), Ohno Noriyasu 1)

1) 名大院工、2) 名大未来研、3) 筑波大

1) Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., 2) IMASS, Nagoya Univ., 3) Univ. of Tsukuba

タングステン (W) は金属の中で最も高い融点を持ち、さらに低スパッタリング率、低水素吸蔵率などの特性を有することから、ITERのダイバータ材として使用される予定である。ダイバータの熱負荷を低減するため、周辺プラズマ中に不純物ガスを導入することでプラズマを冷却する手法が考えられている[1]。

ヘリウムプラズマとWの相互作用により、Wの表面には綿毛状の繊維構造(fuzz)が生じることが分かっている[2]。近年、プラズマ冷却用のネオン(Ne)、窒素(N₂)、アルゴン(Ar)などの不純物ガスの追加導入により、fuzzとは異なるnano-tendrils bundles (NTB)と呼ばれるバンドル状の繊維構造がW表面に生じることが発見された[3]。NTB構造は金属表面でのアークを引き起こし、ダイバータ材料の損耗を加速させる恐れがある[4]。先行研究により、fuzzは1673 Kの温度でアニーリングすることにより、W表面から除去することができた[5]。しかし、アニーリングによるNTBの構造変化はまだ調査されていない。本研究では、W表面で形成されたNTBをアニーリングし、その際のNTBの表面構造と電界放出特性の変化を調査した。

NTB構造の形成は直線型ダイバータ模擬装置NAGDIS-IIを用いて行った。定常のHe-Ne混合プラズマをW試料へ入射することにより、試料表面にNTBを形成させる。入射イオンエネルギーは250 eVである。NTBをWの表面に形成した後、W試料を赤外線加熱炉の中に設置し、1673 Kの温度で1時間アニーリングした。アニーリング後、試料を真空チャンバー内に設置し、高電圧電源を用いて、高電圧印加時の電界電子放出電流を測定した。アニーリングによるNTBの形態変化は走査型電子顕微鏡(SEM) と共焦

点レーザー顕微鏡を用いて観察した。

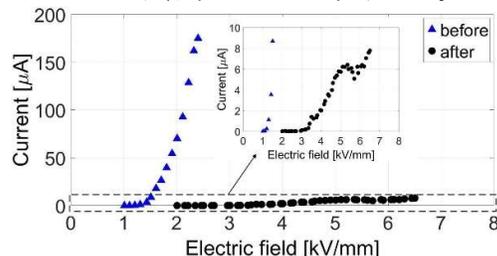


図1 アニーリング前後のNTB構造における電界電流特性 (両極間距離d = 1 mm)。

図1に試料に印加した電界と電界放出電流の関係を示す。アニーリング前の試料では、1.3 kV/mmの電界から、電界放出電流の立ち上がりを確認された。それに対して、アニーリング後の試料では~3 kV/mmから、電界放出電流がゆっくりと上昇した。また、アニーリング後の電界放出電流は、アニーリング前と比べて大幅に減少した。SEM観察の結果、アニーリング後のNTBを構成するファイバの先端が丸くなり、ファイバ径が太くなったことから、NTB先端部分の長さ半径比が減少することがわかった。これらの結果は、アニーリング手法がNTBからの電界電子放出を弱める効果をもつことを示唆する。

- [1] A. Loarte *et al.*, Nucl. Fusion **47** (2007) S203.
- [2] D. Hwangbo *et al.*, Nucl. Fusion **58** (2018) 096022.
- [3] S. Takamura, N. Ohno, D. Nishijima, *et al.*, Plasma Fusion Res. **1** (2006) 051.
- [4] D. Sinelnikov *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci. **47**(11) (2019) 5186-5190.
- [5] G. M. Wright *et al.*, J. Nucl. Mater. **463** (2015), 294-298.