

不純物添加ヘリウムプラズマ照射による
タングステン表面構造の変化及び電界電子放出特性

Morphology and field emission properties changes of NTBs formed with various impurity gases

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、2)東大、3)筑波大

1) Nagoya Univ., 2) Univ. of Tokyo 3) Univ. of Tsukuba

ITERのダイバータ板は直接高熱流プラズマに曝されることから、金属の中で最も高い融点をもつタングステン(W)が構成材料として使用される予定である。ここで、ヘリウム(He)プラズマとWの相互作用により、W表面で繊維状の綿毛ナノ構造(fuzz)が生じることが分かっている[1]。さらに近年、ネオン(Ne)、窒素(N₂)、アルゴン(Ar)などのプラズマ冷却用の不純物ガスの添加により、NTBと呼ばれる金属繊維構造が形成できることが発見された[2]。NTBは尖った先端を持つことから、アークを誘発し、ダイバータ材料の損耗を増加させる懸念がある[3]。本研究では様々な不純物ガスを添加したHeプラズマをW試料に照射し、NTB構造をW表面に形成した。W表面からの電界電子放出特性を調査し、電界電子放出特性とNTB構造の形態の関係を評価した。

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-不純物混合プラズマを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の範囲は120–250 eVである。NTBの形成を電子顕微鏡(SEM)を用いて確認した後、W試料を電界電子放出測定装置に移した。真空チャンバー内に試料を陰極として設置し、試料の直上1 mmの位置に銅平板を陽極として設置し、高電圧印加時の電界放出電流を測定した。

図1は異なる照射条件で形成されたNTB構造のSEM写真を示す(条件は図中で記載)。W1,W2,W3試料の表面に形成されたNTBでは尖った先端を持つのに対して、W4の表面のNTBの先端は丸く、ファイバー径も太いことが確認された。図2はそれぞれの試料に印加した電界と放出電流の関係を示す。W1,W2,W3三枚とも似た電界放出特性を持ち、1 kV/mmの電界から

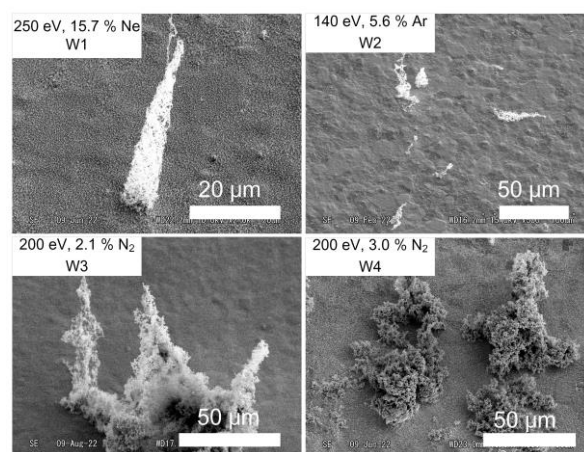


図1 異なる条件で形成されたNTB構造

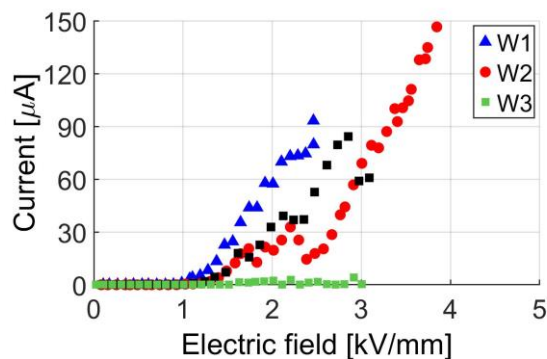


図2 異なるNTB構造における電界放出電流特性

放出電流が徐々に増加した。放出電流が100 μA付近まで増加すると、ブレークダウンが頻発し、放出電流が不安定となった。一方、W4では放出電流の増加が確認されず、2 kV/mm以上の電界をかけても僅か数μAの放出電流となった。これはW4のNTBが尖った先端がない、且つファイバー径が太いことに起因すると考察される。

[1] S. Takamura, *et al.*, Plasma Fusion Res. **1** (2006) 051.

[2] D. Hwangbo *et al.*, Nucl. Fusion **58** (2018) 096022.

[3] R. Zhang, *et al.*, Plasma Fusion Res. **16** (2021) 2405069.