

不純物添加ヘリウムプラズマ照射による
 タングステン表面でのアーキング発生
**Occurrence of arc ignition on tungsten by helium plasma exposure
 with additional 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) は高融点、低スパッタリング率、低水素吸蔵率などの様々な利点を有することから、ITERのダイバータ材として用いられる予定である。ダイバータ板へ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入射することで放射冷却を促進する手法が考えられている[1]。

プラズマとWの相互作用により、Wの表面には構造変化が生じる。特に、ネオン(Ne)、窒素(N₂)、アルゴン(Ar)などの不純物ガスを添加したヘリウム (He)プラズマ照射時には、表面に nano-tendrils (NTBs) と呼ばれる繊維状構造が形成されることが近年明らかになっている [2]。この NTB 構造は、通常の高電界電子放出特性を持つことから、W表面での単極アークを引き起こし、ダイバータ材料の損耗の加速ならびに炉心プラズマの冷却をもたらす恐れがある[3]。本研究では、Ar, Ne などの不純物ガス添加することにより生成された NTB 構造が金属表面で発生する単極アークに対する影響を調査する。

本研究は直線型ダイバータ模擬装置 NAGDIS-II を用いて行った。W 試料に -100 -250 V の負バイアスを印加し、定常の He-不純物ガス混合プラズマを W 試料へ照射すると共に、試料表面の電流と電圧を計測した。アーク照射前の試料電流は 0.2 A 程度であり、電流が 1.2 A に急上昇した時をアークの発生時と見なした。不純物ガスの分圧は $18 \pm 2\%$ とし、一時間の照射において試料表面温度を 1500 ± 50 K に維持した。イオンフラックスは試料ごとに異なり、 $0.5 - 1 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ である。照射後試料の表面を走査型電子顕微鏡(SEM)と共焦点レーザー顕微鏡 (CLSM) を用いて観察した。

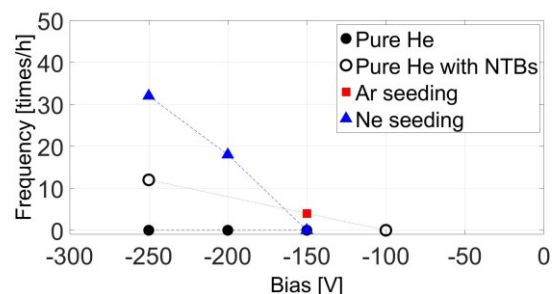


図1 試料に印加したバイアスと一時間内に発生したアークの頻度の関係

図1に印加バイアスと一時間照射の間に発生したアークの回数の関係を示す。NTBが存在しない、純Heプラズマ照射試料ではバイアス電圧が-250 V以下においてアークが発生しなかったのに対し、予め表面にNTBsを生成させたW試料に純Heプラズマ照射を施した試料ではバイアス-250 V時にアークが発生した。また、バイアスを-150 Vとした時、Ne不純物を添加したHeプラズマ照射ではアークが発生しないのに対し、Ar不純物を添加した際はアークが発生した。これは、添加する不純物ガスの種類がアークの発生に影響することを示唆する。SEM観察の結果、アークの発生した試料表面にはアーク痕とともにNTBsの生成を確認した。一方、NTBsが生成されても、バイアス-100 Vではアークは発生しなかった。これはNTBsの生成がW表面でのアークを誘発する効果をもつとともに、アークを誘発できるシースポテンシャルのしきい値が-100V付近であることを示唆する。

- [1] A. Loarte *et al.*, Nucl. Fusion **47** (2007) S203.
 [2] D. Hwangbo *et al.*, Nucl. Fusion **58** (2018) 096022.
 [3] D. Sinelnikov *et al.*, IEEE Trans. Plasma Sci. **47(11)** (2019) 5186-5190.