30aD03

ナノ構造金属上で誘起されるアークの損耗特性および高電場下での点弧特性
Erosion of arcing on nanostructured metal surfaces and initiation property under high electric field condition

皇甫度均[1]、梶田信[2]、河口翔太[1]、大野哲靖[1]
Dogyun Hwangbo[1], Shin Kajita[2], Shota Kawaguchi[1], Noriyasu Ohno[1]
[1]名大院工，[2]名大未来研
[1]Graduate School of Eng. Nagoya Univ., [2]IMaSS, Nagoya Univ.

ダイバータ板は高密度・高温の熱流束に曝されるため、耐熱性や伝導性に優れるタングステン(W)が材料として採択されている。しかし、Wは炉心の反応物であるヘリウム(He)プラズマの入射により表面が変形し、繊維状ナノ構造が生成されることが報告された[1]。また、ナノ構造の生成により表面にアーキングが容易に発生することが報告されている[2]。アークの発生はダイバータ板の損耗および蒸発した高Z粒子の炉心側への輸送など核融合炉の定常運転に悪影響を与えるため、アークによる損耗量の評価は重要課題である。本研究ではアークの発生によるナノ構造W試料の質量損失を評価する。一方、ナノ構造上でアークが容易に誘起される原因として、熱伝導率の著しい低下と電界電子放出の増加による熱電界放出[3]が考えられているが、実際の点弧時の条件や特性は明らかでない。本研究では電界電子放出に注目し、ナノ構造の電界電子放出およびbreakdown特性を評価する。

本研究の実験は二つに分けられる：

①アークによる質量損失：直線型ダイバータ模擬実験装置NAGDIS-IIにおいてナノ構造W試料を作成した。典型的なプラズマパラメータは5 eVの電子温度、10^{19} m^{-2}の電子密度であり、試料は-70 Vにバイアスされた。ナノ構造生成後、Edge Localized Mode (ELM)模擬用のルビーレーザー(パルス幅0.6 ms, パワー0.4 MJm^{-2})を試料に照射しアークを誘起した。アーク発生前後の質量変化を電子天秤で計測することでアークによる質量損失を評価した。

②高電場下でのナノ構造Wの電流電圧特性：ナノ構造Wを図１で示す電界放出計測装置の陰極に設置し、高電圧の負バイアスを印可した。装置の真空度は2-3×10^{-5} Paであった。陽極に接続した電流計またはオシロスコープにより電界放出による電流特性及びbreakdown電流を計測した。

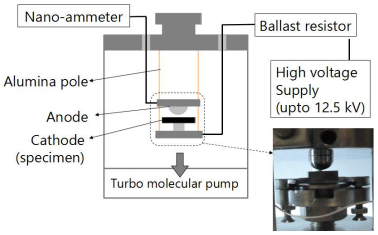

図１　電界電子放出計測装置の概略図

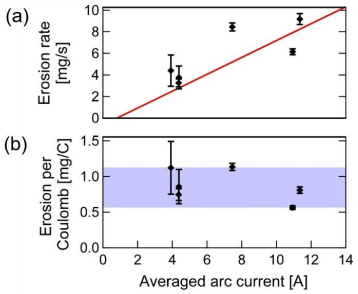

図２ アーク発生による (a) 時間当たり損耗量、(b) 電荷量当たり損耗量のアーク電流依存性

実験後の試料は走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて試料表面の観察を行った。

図２はアークの発生前後の質量変化を単位時間、単位電荷量当たりの損耗量として評価した結果である。図２(a)のように、単位時間当たりの損耗量はアーク電流に比例して増加する傾向を示した。これはアーク電流の増加と共にアークにより蒸発する金属の質量が増えることを示唆する。一方、図２(b)で示す単位電荷量当たりの損耗量はアーク電流に依存せず一定であった。よって、試料全体のアーク電流が変化しても電荷量により決まる局所的な損耗は変化しないと考えられる。

本研究はJSPS科研費15H04229の組成を受けたものです。

[1] S. Takamura *et al.*, Plasma Fusion Res.: Rapid Communications **1** (2006) 051.
[2] S. Kajita *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **54** (2012) 035009.
[3] S. Kajita *et al.*, Fusion Eng. Des. **88** (2013) 2842-2847.