

ナノ構造タングステン上で誘起されるアークスポットの運動および分光計測 Motion and spectroscopic measurements of arc spots on nanostructured tungsten

皇甫 度均¹、西島 大輔²、梶田 信³、Russell P. Doerner²、大野 哲靖⁴
HWANGBO Dogyun¹, NISHIJIMA Daisuke², KAJITA Shin³, DOERNER P. Russell², OHNO Noriyasu⁴

¹筑波大、²UC San Diego、³名大未来研、⁴名大院工

¹Univ. Tsukuba, ²UC San Diego, ³IMaSS Nagoya Univ., ⁴Grad. Eng. Nagoya Univ.

熱核融合装置のプラズマ対向壁とプラズマ間の相互作用により発生する表面変化の中で、ヘリウム(He)イオンの流入によるナノ構造の形成はW表面の熱・電気的特性を著しく変化させ[1]、表面上で炉壁の潜在的損耗源となるアーキングが容易に点弧することが懸念される[2]。アーキングが核融合炉に及ぼす影響の重要な指標である材料損耗量を評価する上で、アークプラズマの特性を明らかにすることは重要な課題である。この研究では、垂直磁場に置かれたWナノ構造表面のアーキングの運動を分光計測し、アークプラズマの電子温度・密度評価とともにナノ構造の厚みとプラズマパラメータの関係性を議論する。

実験は直線型ダイバータ模擬実験装置PISCES-Aを用いて行った。定常Heプラズマの電子温度と密度はそれぞれ4-7 eVと $2\text{-}7 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ であり、背景真空度は約 $2 \times 10^{-7} \text{ Torr}$ であり、プラズマ実験中には3 mTorrであった。W試料はHeプラズマ柱の中心に設置され、試料表面は外部磁場と垂直である。ナノ構造層を形成するために、試料に-100 Vのバイアス電圧を印加し、試料温度は約1050 Kで調整した。ナノ構造の厚さは入射するHeイオン照射量を変化させ約0.4~2.8 μm に制御した。ナノ構造形成後、試料を-150~-180 Vにバイアスし、アーク点弧のためにNd:YAGレーザー (1064 nm、6 ns、パワー： 10^{13} Wm^{-2}) を試料表面に入射した。点弧するアークスポットからの発光は、観測用ミラー越しに試料表面にほぼ垂直に設置された計測装置にて観察した。高速カメラを用いてアークスポットの運動を、近紫外・可視分光器を用いてアーク光のスペクトルを観察した。分光測定時には試料のほとんど全体を一点計測した。

図1は本実験で測定したW II, W I線スペクトルを用いたボルツマンプロットの例を示す。試料バイアス-150 V、ナノ構造厚み2 μm の条件で

発生したアークプラズマの電子温度は1 eV以下

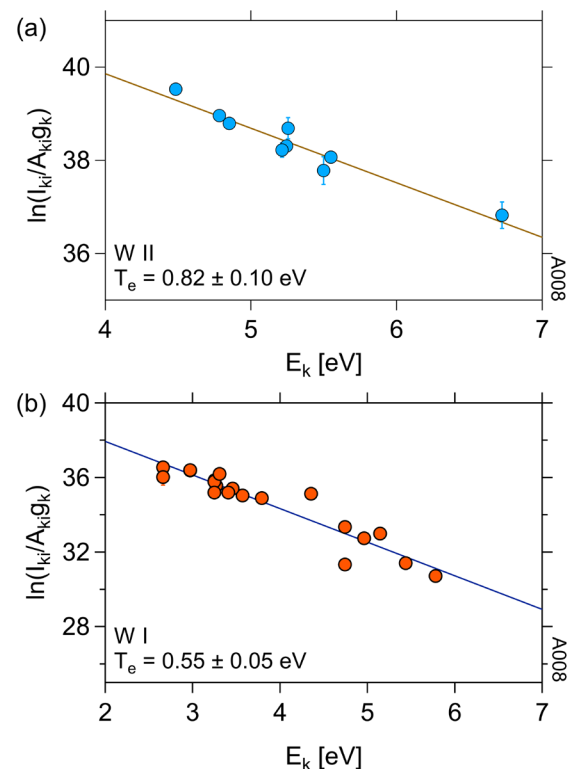


図1 (a) W IIおよび(b) W I 線スペクトルのボルツマンプロット

である。電子温度は0.55-0.82 eVと評価され、先行研究とおおむね一致した[3]。W II線スペクトルで評価した電子温度はW I線スペクトルで評価した温度よりわずかに高い値となった。アークスポットの近くから遠くなるにつれて高価イオンから中性粒子へ緩和すること考えると、評価した電子温度のずれはW⁺イオンとW中性粒子の生成位置が異なる可能性を示唆する。

- [1] S. Kajita et al., Nucl. Fusion **54** (2014) 033005.
[2] G. De Temmerman et al., Plasma Physics and Controlled Fusion **40** (2018) 044018.
[3] D.U.B. Aussems et al., J. Appl. Physics **116** (2014) 063301.