

入射イオンエネルギーの間歇的变化が
タングステンナノ構造形成に与える影響

Intermittent incident ion energy effects on tungsten nanostructures formation

河口翔太¹、梶田信²、皇甫度均¹、大野哲靖¹
Shota Kawaguchi¹, Shin Kajita², Dogyun Hwangbo¹, Noriyasu Ohno¹

¹名大院工、²名大未来研
¹Graduate School of Eng. Nagoya Univ., ²IMaSS, Nagoya Univ.

タングステンが高融点、低スパッタリング率という特性からダイバータ材に採用される。しかしタングステンへ炉心で生成されたヘリウムが入射することにより繊維状ナノ構造が形成される可能性がある。ナノ構造の形成は耐熱性の低下やアーキングによる損耗と炉心への混入を誘発するため、形成条件の解明はダイバータ設計において重要な課題である。定常的なヘリウムプラズマ照射におけるナノ構造の形成条件は既に研究されており、約20 eV以上の入射イオンエネルギーと1000から2000 Kの間の試料温度が必要とされている[1]。しかし実際のダイバータではEdge Localized Modes (ELMs)により間歇的に高い熱負荷に曝されると予測され、このような環境におけるナノ構造形成条件については研究が十分ではない。本研究では入射イオンエネルギーを間歇的に増加させた場合のナノ構造形成への影響を調査した。

本研究では直線型ダイバータプラズマ模擬装置NAGDIS-IIを用いてタングステン試料へヘリウムプラズマ照射を行った。試料に印加するバイアス電圧をファンクションジェネレータを用いて図1のように時間的に変化させた。照射中プラズマ電位は ~ 6 V程度で変化しないためバイアス電圧の変化に従い入射イオンエネルギーが増減する。バイアス電圧が-15 Vの時には繊維状ナノ構造形成閾値よりも低い入射イオンエネルギーとなり、バイアス電圧が-75 Vの時には閾値より高い入射イオンエネルギーとなる。全照射時間の1/10が閾値より高い入射イオンエネルギーでの照射となる。照射後の試料は走査型電子顕微鏡(SEM)により形成されたナノ構造の厚みを計測した。

図2は照射時間に対する形成されたナノ構造の厚みを表している。試料温度は全て約1100 Kである。3600 s以降ナノ構造の厚みが約0.4 μm で飽和している。ナノ構造が厚くなり時間当たりの成長量が小さくなるとスパッタリングに

より削られる量と釣り合い厚みが飽和することが分かっている[2]。しかし本実験での入射イオンエネルギーはスパッタリング閾値よりも低いため、この要因による飽和ではないと考えられる。また、平均のフラックスが低い場合には成長量とアーニングによる減少量が釣り合い飽和することが分かっている[3]。本実験ではバイアス電圧が-15 Vの時の入射イオンエネルギーはナノ構造の成長量に対し影響せず、平均のフラックスが1/10倍に低く見なされてアーニングによる飽和が発生したのと考えられる。

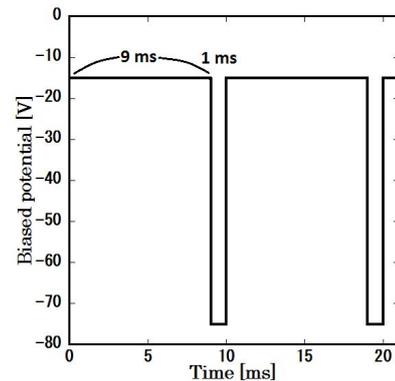


図1 バイアス電圧の変化の概略図

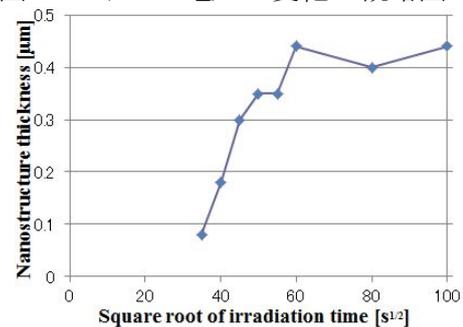


図2 ナノ構造の厚みの時間依存性

- [1] S. Kajita, W. Sakaguchi, N. Ohno, N. Yoshida and T. Saeki, Nucl. Fusion **49** (2009) 095005.
[2] R.P. Doerner, M.J. Baldwin and P.C. Stangeby, Nucl. Fusion **51** (2011) 043001.
[3] S. Kajita, N. Ohno, M. Yajima, J. Kato, J. Nucl. Mater. **440** (2013) 55–62.