

第6周期金属のHeプラズマ照射によるナノ構造形成メカニズム  
**The nanostructure formation mechanism of period 6 metals  
 by He plasma exposure**

志賀紘輝、神田圭祐、大森晃平、Lee Heun Tae、伊庭野健造、上田良夫  
 K.Shiga, K.Kanda, K.Omori, H.T.Lee, K.Ibano, Y.Ueda

大阪大学大学院工学研究科  
 Graduate School of Engineering, Osaka University

### 1.研究背景

ITERのような核融合炉におけるプラズマ対向材料として考えられているタングステン(W)は、核融合反応によって生じるヘリウム(He)の放射によって損傷を受ける。そのためにヘリウム(He)プラズマ照射によるタングステンの損傷を評価することが検討されている中、ヘリウム(He)プラズマによって金属にヘリウム(He)誘起ナノ構造、もしくはFuzzが形成されることも報告されている。このようなタングステン(W)のFuzzの形成に対して、梶田らは温度、フルエンス、エネルギーとの相関図を提示しているが[1]、明確なFuzzの形成メカニズムなどは未だに解明されていない。

したがって、それらの解明に向けてタングステン(W)と同じ周期の第六周期の重金属に着目し、その中のレニウム(Re)、イリジウム(Ir)、ハフニウム(Hf)に対しヘリウム(He)プラズマを照射し温度依存性を調べ、またSEMにより表面構造および断面を観察した。

### 2.実験条件・装置

試料はすべて1×1mmにカットしたものを用い、プラズマの照射には大阪大学の線形ECRプラズマ照射装置LaPlex(Laser and Plasma exposure)を用いた。エネルギーは200eV、フラックス $\sim 10^{21}/m^2$ 、フルエンスは $\sim 10^{25}/m^2$ 、温度は照射温度( $T_s$ )を金属の融点( $T_m$ )で除して規格化し、その $T_s/T_m$ の値がおよそ0.2~0.3におけるナノ構造およびFuzzの形成条件に関してまとめた。表面の構造や断面はFE-SEM(Field Emission Scanning Electron Microscope)を用いて観察した。

### 3.結果と考察

$T_s/T_m$ の値を変えるにつれて、それぞれの金属でナノ構造が成長していく様子が観察され、さ

らに3種類すべての金属におけるナノ構造の違いが見えた。その結果をまとめたものを図1に示す。どの金属においても $T_s/T_m$ の値が0.25付近になるとナノ構造ができて始めるが特にReやHfはその値が比較的低い条件でFuzzを形成することがわかった。この2種の金属はどちらも六方最密充填構造(hcp)であるという点で類似性がある。また、SEMの断面像の観察により、それぞれの構造の厚さを見積もることもできた。その中でもReは80-250  $\mu m$ と非常に大きい構造を形成することがあった。Hfでは厚さが $\sim 2 \mu m$ 、Irでは $\sim 10 \mu m$ であった。タングステンを含む多くの第六周期金属はHeプラズマ照射によるナノ構造の形成に関する照射実験がされており、本研究においてはそれらの金属のFuzz形成に対して $T_s/T_m$ の影響に関する知見が得られた。

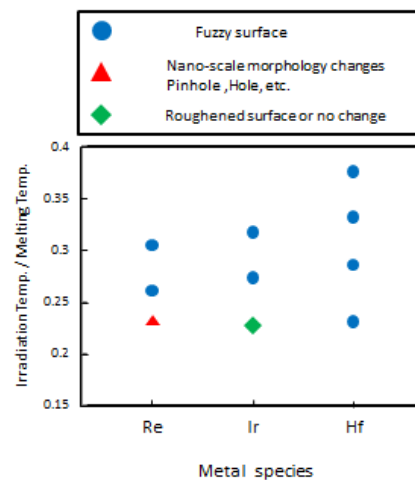


図1. 種々の金属における照射温度と融点との比の値に対する形成される構造の評価

### References

[1]S.Kajita, W.Sakaguchi, N.Ohno, N.Yoshida, T.Saeki, Nucl.Fusion 49(2009) 095005(6pp).