

# 小型プラズマ生成装置APSEDASにおける ヘリウムプラズマ予照射したタングステンの重水素保持特性 Effect of helium plasma exposure on deuterium retention of tungsten in the compact plasma device APSEDAS

堺貴久<sup>1</sup>, 坂本瑞樹<sup>1</sup>, 皇甫度均<sup>1</sup>, 折笠直輝<sup>1</sup>, 楠本美香都<sup>1</sup>, 高津克朋<sup>1</sup>,  
吉田晴<sup>1</sup>, 新田龍世<sup>1</sup>, 藤森あおい<sup>1</sup>

Takahisa SAKAI<sup>1</sup>, Mizuki SAKAMOTO<sup>1</sup>, Dogyun HWANGBO<sup>1</sup>,  
Naoki ORIKASA<sup>1</sup>, Mikoto KUSUMOTO<sup>1</sup>, Katsutomo TAKATSU<sup>1</sup>,  
Haru YOSHIDA<sup>1</sup>, Ryusei NITTA<sup>1</sup>, Aoi FUJIMORI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>筑波大学プラズマ研究センター

<sup>1</sup>Plasma Research Center, University of Tsukuba

## 1. 研究背景

ITER ダイバータ及び第一壁では、プラズマ対向材 (PFM)として、高融点、低スパッタリングを有するタングステン(W)の使用が検討される。核融合炉の運転中、燃料の水素同位体は一部 PFM 内に拡散・捕捉され、その取り込みは燃料バランスと安全性を検討する上で重要である。そのため、PSI 研究において PFM に蓄積される水素同位体の挙動の理解は必要不可欠である。

近年、核融合反応の副産物であるヘリウム(He)は金属表面に欠陥構造を形成し、水素燃料保持に多大な影響を及ぼす可能性が明らかになった。He 原子が原子空孔に捕集されることで生成される He バブルは、D イオンに対する拡散障壁として機能することで W の水素同位体保持を低減する効果が指摘されている[1]。一方、表面が 900-1900 K の高温で生成される He 照射欠陥の“Fuzz”も同様に PFM の水素吸蔵に影響を及ぼすとされているが、拡散障壁・再放出・粒子反射率の減少等の物理現象の競合が発生し、水素挙動のメカニズムは不明瞭となっている[2]。

そこで、本研究では、Fuzz が生成された W における重水素(D)保持の挙動の理解を目的として、小型プラズマ生成装置 APSEDAS を用いて He プラズマ及び D プラズマ交互照射実験を行った。

## 2. 実験方法

実験装置 APSEDAS は、周波数 13.56 MHz のヘリコン波を印加して定常プラズマを生成し、金属試料に対して低エネルギー(< 100 eV)でのプラズマ照射が可能である。本研究では、3 条件で W 試料に対する He 予照射を行い、以下(a)-(c)の厚みの異なる Fuzz 層を生成した。

(a) He 予照射無し/D-only

(b) E~80 eV, T~1400 K,  $\Phi\sim 4.3\times 10^{25} \text{ m}^{-2}$  /1.9  $\mu\text{m}$ -Fuzz

(c) E~30 eV, T~1400 K,  $\Phi\sim 7.8\times 10^{25} \text{ m}^{-2}$  /2.7  $\mu\text{m}$ -Fuzz

He予照射を行ったW試料を含めすべての試料に対して同条件でDプラズマ照射を施した後、昇温脱離質量分析法 (TDS) を用いてW中のD粒子の保持量及び脱離スペクトルを評価した。赤外加熱炉の昇温は1 K/sで行った。

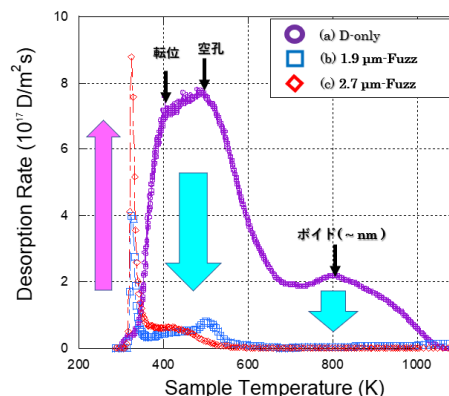


Fig.1 : Fuzz 生成 W と Pure-W の D 脱離スペクトル比較

## 3. 実験結果・考察

Fig.1 に、条件(a)-(c)における W の D 脱離スペクトルを示す。D-only の場合、転位、単一空孔、ポイドなどの内部欠陥に起因すると考えられる 3 つのピークがそれぞれ 400、500、800 K 帯に観測された[3]。

Fuzz 層が形成された場合は、より低温領域(< 350 K)で新たな脱離ピークが出現し、Fuzz 層の厚みが増すにつれて強度も増加した。この結果は、W 表面付近の浅い領域に新たなトラップサイトが形成されたか、若しくは束縛エネルギーが前述のトラップサイトに比べて相対的に低くなったことを示唆する。低温ピークが現れた原因として、Fuzz の形成に伴い有効粒子反射率が低下し、Fuzz 層の表面近傍にとトラップされる反射粒子が増加したことが考えられる[4]。

一方、W バルク由来の高温側ピークは大きく減少していることから、Fuzz 層は D イオンを層内に留め、D イオンに対する拡散バリアとして機能することも予想される。その結果、Fuzz が形成される W の D 保持量は、D-only の場合に比べて 1 桁程度減少した。

## 4. 参考文献

- [1] M. Miyamoto *et al*, Nucl. Fusion **49** (2009) 065035.
- [2] Lu Liu *et al*, J. Nucl. Mater. **539** (2020) 152327.
- [3] Z. Harutyunyan *et al*, J. Nucl. Mater. **548** (2021)152848.
- [4] D.H.Liu *et al*, Nucl. Fusion. **60** (2020) 056018.