

課題番号 : F-20-BA-0011  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : He プラズマに曝された W 表面及び断面観察  
 Program Title (English) : Observation of W surface and cross section exposed to He plasma  
 利用者名(日本語) : 堺貴久<sup>1)</sup>, 鈴木啓吾<sup>2)</sup>, 高津克朋<sup>3)</sup>, 皇甫度均<sup>4)</sup>  
 Username (English) : T. Sakai<sup>1)</sup>, K. Suzuki<sup>2)</sup>, K. Takatsu<sup>3)</sup>, D. Hwangbo<sup>4)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 筑波大学大学院数理物質科学研究科, 2) 筑波大学大学院教育研究科,  
 3) 筑波大学理工学群物理学類, 4) 筑波大学数理物質系物理学域  
 Affiliation (English) : 1) Graduate school of Science and Technology, Univ. of Tsukuba,  
 2) Graduate school of Education, Univ. of Tsukuba,  
 3) School of Science and Engineering, Univ. of Tsukuba,  
 4) Faculty of Pure and Applied Sciences, Univ. of Tsukuba  
 キーワード/Keyword : 形状・形態観察、エネルギー関連技術、プラズマ・壁相互作用、He バブル・Fuzz

### 1. 概要(Summary)

安全かつ高効率で発電可能な「核融合発電」の実現において、プラズマ・壁相互作用の理解は必要不可欠である。核融合炉の運転中、燃料として使用されるトリチウムは炉壁内に拡散され、燃料増殖率と安全性に悪影響を及ぼすことが問題となっている。

近年、核融合反応の副産物であるヘリウム(He)がタングステン(W)内に侵入し、繊維状ナノ構造(Fuzz)や He バブルなどの欠陥構造を形成することで W の水素同位体保持を低減する可能性が提唱されている[1]。そこで、今回は筑波大学微細加工プラットフォームの設備を利用して He 欠陥構造を観察し、W の水素同位体保持に与える影響を検証した。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

電界放出型走査型電子顕微鏡

#### 【実験方法】

以下の 3 条件で W 試料(10×10×0.1 mm<sup>3</sup>)に対する He プラズマ照射を行った。

【E: 入射イオンエネルギー, T: 試料温度】

(a) E ~ 10 eV, T ~ 1400 K (He バブル生成)

(b) E ~ 80 eV, T ~ 1400 K (Fuzz 生成)

(c) E ~ 30 eV, T ~ 1400 K (Fuzz 生成)

He プラズマ照射後、電子顕微鏡を用いて W 表面及び断面観察を行った。また、別の W 試料に対して同パラメータで He プラズマ照射後に続けて重水素プラズマ照射を行い、表面構造変化と W の重水素保持特性の関係を調べた。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

条件(a)-(c)で He プラズマ照射した W 表面・断面を電子顕微鏡で観察した結果を Fig. 1 に示す。He バブル形成領域の条件(a)では、W 表面付近(<200 nm)に多数の He バブルの形成が観察された。一方、Fuzz 生成領域

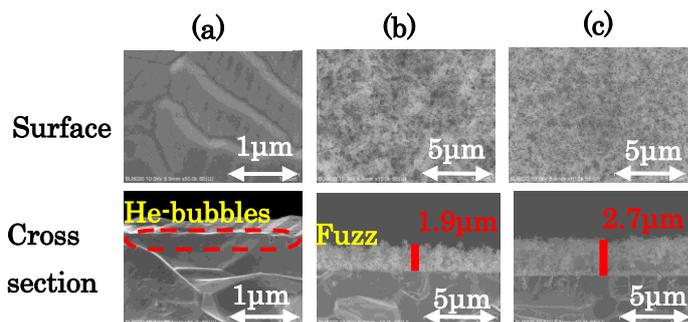


Fig.1 Surface and cross section of W irradiated with He plasma.

の条件(b),(c)では W 表面の形状が大きく変化し、W バルク上部に一様に Fuzz 層が形成された。また、その厚みは条件(b)で 1.9 μm、条件(c)で 2.7 μm 程度となった。

条件(b)【E~80 eV】は条件(c)【E~30 eV】に比べて活発な Fuzz 層の生成が予想されたが、異なる結果を示した。この原因として、条件(c)は他条件に比べて 1.8 倍照射量を多く見積もっていたと推測される。

続いて、W の重水素保持量の結果を Fig. 2 に示す。

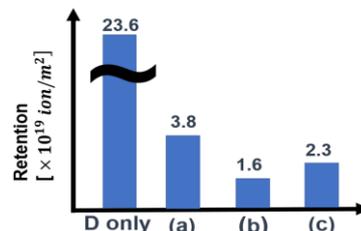


Fig. 2 Comparison of deuterium retention in W.

He 予照射を施した W の重水素保持量は大幅に減少した。条件(a)より、表面近傍に形成された He バブルは水素原子の拡散制御を及ぼすことが示唆された。また、Fuzz 層の生成は重水素保持を更に低減する一方、層の成長に応じて増加傾向を示す効果が明らかになった。

#### 4. その他・特記事項 (Others)

参考文献:[1] M. Miyamoto et al, Nucl. Fusion 49 (2009) 065035

#### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

[1] 堺貴久 他、プラズマ・核融合学会第 37 年会、2020 年

[2] 鈴木啓吾 他、プラズマ・核融合学会第 37 年会、2020 年

#### 6. 関連特許(Patent)

なし。