

## 熱負荷によって熔融したタングステン材料の表面微細構造と重水素蓄積特性

Surface morphology and deuterium retention on tungsten surface melted by high heat flux

\* 浜地 志憲<sup>1</sup>, Heun Tae Lee<sup>2</sup>, Arkadi Kreter<sup>3</sup>, Soeren Moeller<sup>3</sup>, 時谷 政行<sup>1</sup>, 増崎 貴<sup>1</sup>, 相良 明男<sup>1</sup>,  
大宅 諒<sup>2</sup>, 上田 良夫<sup>2</sup>, 坂本 隆一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>核融合科学研究所, <sup>2</sup>大阪大学, <sup>3</sup>ユーリッヒ総合研究機構

非定常パルス熱負荷によるタングステン材料の熔融が、表面微細構造や重水素挙動に与える影響を調べた。熔融試料では結晶粒成長が見られ重水素吸蔵量も未熔融のものと同程度かそれ以下であったが、炭素不純物が存在する場合には表面に特有の凹凸構造が見られ、重水素吸蔵量も増大していた。

**キーワード:** プラズマ・材料相互作用, 熱負荷, タングステン, ダイバータ

### 1. 緒言

VDE(vertical displacement event)やディスラプションといった off-normal なイベントがによって、プラズマ対抗機器に許容値を超えた熱負荷が与えられると、プラズマ対向材料表面が熔融することが予想されるが、表面熔融が機器性能に与える影響についての知見はいまだ十分とは言えないのが現状である。本研究ではVDE 規模の熱負荷による表面熔融が表面微細構造や水素同位体蓄積に与える影響を調べるため、熱負荷によって熔融したタングステン試料を作成し重水素プラズマに曝露した。

### 2. 実験

試料はアライドマテリアル社製の円柱状のタングステン試料で、高さが 5 mm、照射領域は  $\phi 5$  mm のものを用いた。熱負荷の入力には超高熱負荷試験装置 ACT2 を用い、吸収熱負荷は約 190 MW/m<sup>2</sup> と 230 MW/m<sup>2</sup> の二種類、各熱負荷で照射時間を 0.08, 0.12, 0.16 s の三種類で変化させた。ACT2 で用いる電子ビームは照射スポットが約 9 mm の半値幅を持っていた。

重水素プラズマへの曝露はユーリッヒ総合研究機構の直線型プラズマ装置(PSI-2)を用いて行った。曝露時の試料温度は約 470 K、フラックスは約  $8 \times 10^{21}$  /m<sup>2</sup>/s で、フルエンスは約  $1 \times 10^{26}$  /m<sup>2</sup> であった。

重水素プラズマへの曝露後の重水素や炭素の存在量は NRA 法(核反応法)を用いて測定した。測定には 2.94 MeV の <sup>3</sup>He ビームを用い、D(<sup>3</sup>He,p)<sup>4</sup>He と <sup>12</sup>C(<sup>3</sup>He,p)<sup>14</sup>N の反応の検出を行った。

### 3. 結果・考察

表面熔融した試料の一部を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察すると、100  $\mu$ m 近くまで結晶粒が成長していることがわかり、そのような試料の NRA 測定では水素の吸蔵量が未熔融の試料と同程度かそれ以下であった。一方、一部の試料は熔融実験時の試料ホルダに由来すると考えられる炭素による汚染が見られ、そのような試料では数  $\mu$ m 程度の微細な凹凸構造と表面のクラックが観察され、結晶粒は確認できない表面状態であった。重水素吸蔵量に関しても炭素不純物の多い試料では重水素吸蔵が大きかった。以上から熔融したタングステンでは、不純物の存在がその表面微細構造や水素吸蔵に大きな影響があることが分かった。