タングステンにおける低エネルギーヘリウムイオン照射損傷

九州大学応用力学研究所 吉田 直 亮

琉球大学教育学部 岩 切 宏 友

九州大学大学院総合理工学府(現 神戸製鋼) 馬 場 友 紹

タングステンの高い融点と高い熱伝導率を兼ね備えた高温材料であることから、昨年建設が開始された国際熱核融合実験炉(ITER)や将来のデモ炉におけるダイバータ用のアーマ材料として注目されている。ダイバータアーマ板には燃料の水素同位体や核融合反応で生成されたヘリウムがプラズマ状態となって集中的に飛来しその表面温度は1000℃を超えることも想定されている。本研究では、1000℃を超える高温のタングステンにおいてヘリウムプラズマの照射がもたらす損傷について透過型電子顕微鏡を用いて研究した。

1000℃を超える高温のタングステンを20 keV程度以下のヘリウムイオンで激しく照射すると、照射面はメソスケールの微細突起で覆われるようになる。Fig. 1は10 eVのヘリウムプラズマを照射したタングステンの表面に発生した突起のTEM写真である⁽¹⁾。突起の内部には直径10 nm程度の微細なヘリウムバブルが多数見られ、内部ではヘリウムバブルによる大きなスエリングが起こっていることがわかる。Fig. 2の組写真は1000℃のタングステンにおけるヘリウムイオン照射下の損傷組織発達過程を示す連続TEM写真である。ヘリウムバブルは個々に成長すると共に移動・合体し大きく成長する。また、バブルが表面に達するとホールや溝となる。表面のSEM観察や断面のTEM観察から、照射量が増加するにつれて表面の溝は網目状に発達し、溝の底に新たなヘリウムバブルが到達することによって更に深くなることがわかった。このような表面の凹凸化過程と突起内部のバブルスエリングが相乗しFig. 1に示したようなメソスケールの細長い突起が形成されたものと考えられる。Fig. 1,

Fig. 2の写真は、ヘリウムバブルの移動・合体が突起の成長をもたらすことを示しているが、実際、ヘリウムバブルの熱的移動が難しくなる800℃以下の照射ではこのような突起は形成されない。

文 献

- (1) S. Kajita, S. Takamura, N. Ohno, D. Nishijima, H. Iwakiri and N. Yoshida: Nucl. Fusion, **47**(2007), 1358-1366.

(2008年8月7日受理)

Fig. 1 約1300℃に保たれたタングステンを10 eVのヘリウムプラズマで $4 \times 10^{27} \text{He}^+/\text{m}^2$ 照射することによって形成された微細突起の内部構造。

Fig. 2 8 keVのヘリウムイオン照射下におけるヘリウムバブルの発達過程(TEMによるその場観察)。試料温度は1000℃。

Low Energy Helium Irradiation Damage in Tungsten; Naoaki Yoshida*, Hiroto Iwakiri**, Tomotugu Baba*** (*Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, Kasuga. **University of the Ryukyus, Okinawa. ***Faculty of Engineering Sciences, Kyushu University, Kasuga)

Keywords: fusion materials, W, He irradiation, divertor, He bubbles

Irradiation condition: NAGDIS-II (Nagoya University), 1600 K, 10 eV He plasma, $4 \times 10^{27} \text{He}^+/\text{m}^2$ (Fig. 1), 8 keV-He⁺ irradiation in TEM, 1273 K (Fig. 2)

TEM specimen preparation: twin-jet electropolishing (Fig. 1) TEM utilized: JEM-2000EX (200 kV) with ion injector