

ヘリウムプラズマにより誘起された巨大タングステンナノ構造の  
アニーリングによる形態変化

**Morphology Changes of Helium-Plasma-Induced Large-Scale Fiberform Tungsten  
Nanostructure by Annealing**

奥山 樹<sup>1</sup>, 梶田 信<sup>2</sup>, 吉田 直亮<sup>3</sup>, 田中 宏彦<sup>1</sup>, 桑原 竜弥<sup>1</sup>, 大野 哲靖<sup>1</sup>  
T. Okuyama<sup>1</sup>, S. Kajita<sup>2</sup>, N. Yoshida<sup>3</sup>, H. Tanaka<sup>1</sup>, T. Kuwabara<sup>1</sup>, N. Ohno<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名大院工, <sup>2</sup>名大未来研, <sup>3</sup>九大応力研

<sup>1</sup>Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., <sup>2</sup>IMaSS, Nagoya Univ., <sup>3</sup>RIAM, Kyushu Univ.

## I. 研究背景

タングステン (W) は高融点・低トリチウム吸蔵の特性を持つことから、ITERのダイバータ板への使用が予定されている。しかし、W表面がヘリウム (He) プラズマに曝されると、その表面に繊維状ナノ構造 (ファズ) を形成し[1,2]、耐熱性の低下[3]やアーキングの誘発[4]等の核融合反応に悪影響を与える表面特性変化が生じることが懸念されている。また近年、Heプラズマと金属イオンの共堆積環境において、ミリメートルサイズの巨大な繊維状ナノ構造 (巨大ファズ) が形成することが明らかになった[5]。核融合炉内では、流入したプラズマと炉壁から損耗した金属イオンの共堆積環境になることが推定され、条件によっては炉内に巨大ファズが形成し、ファズと同様に核融合反応に悪影響をもたらす可能性がある。ファズに関しては、1300-1500 Kで30 minアニーリングを行うことでファズ構造は完全に消失し、表面が再統合されることが確認されている[6,7]。一方で、巨大ファズの高温アニーリングによる構造への影響は未解明である。本研究では、巨大ファズに対して高温アニーリング処理を行い、その形態変化を明らかにした。

## II. 実験方法

ヘリウムプラズマ照射は、直線型ダイバータプラズマ模擬装置 (NAGDIS-II) を用いた。W試料板のプラズマ上流側にWワイヤを設置し、400 Vのバイアスを印加することでスパッタリングを引き起こし、共堆積環境を実現した[5]。アニーリングは昇温脱離ガス分析装置 (TDS) を備えた赤外線加熱炉で実施した。一定の加熱速度 (0.5 K/s) で目標温度 (1473-1673 K) まで昇温させ、その温度を30 min保った。アニーリング後の試料分析は、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡 (SEM)、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いた。

## III. 結果と考察

巨大ファズは、最も高いアニーリング温度 (1673 K) においても構造が完全に消失することはなかった。この結果より、巨大ファズはファズと比較して高温安定性があることが示唆された。また、図1に示したTEM像より、アニーリング後の巨大ファズを構成するファイバーにはHeバブルが存在しないことが明らかになった。ファズのアニーリングによる構造変化がHeバブルの挙動[8]とW表面拡散[2]に起因していることから、巨大ファズの構造を完全に消失させるためには、より高い温度でWの表面拡散をさらに加速させる必要があると考えられる。

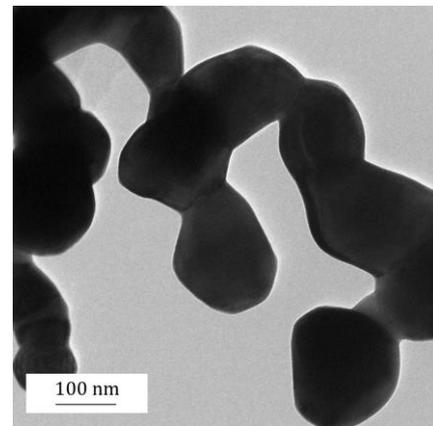


図1. アニーリング後 (1673 K) の TEM 像

## Reference

- [1] S. Takamura *et al.*, Plasma Fusion Res. **1** (2006) 051.
- [2] M.J. Baldwin *et al.*, Nucl. Fusion **48** (2008) 035001.
- [3] D. Nishijima *et al.*, J. Nucl. Mater. **415** (2011) S96.
- [4] S. Kajita *et al.*, Nucl. Fusion **47** (2007) 1358.
- [5] S. Kajita *et al.*, Sci. Rep. **56** (2018) 8.
- [6] M.J. Baldwin *et al.*, J. Nucl. Mater. **404** (2010) 165-173.
- [7] S. Kajita *et al.*, J. Nucl. Mater. **421** (2012) 22-27.
- [8] M. Yajima *et al.*, Plasma Fusion Res. **11** (2016) 1206125.