

熱アニーリングによるナノ構造中のHeバブル消失特性 Characteristic of He Bubble Disappearance in the Tungsten Nano Structure by Thermal Annealing

矢嶋美幸¹、梶田 信²、大野哲靖¹、時谷政行³、吉田直亮⁴

Miyuki YAJIMA¹, Shin KAJITA², Noriyasu OHNO¹, Masayuki TOKITANI³, Naoaki YOSHIDA⁴

名大院工¹、名大エコトピア研²、核融合研³、九大応力研⁴

Grad. School of Eng. Nagoya Univ.¹, EcoTopia Sci. Inst. Nagoya Univ.²,
NIFS³, RIAM Kyushu Univ.⁴

タングステン (W) は将来の核融合プラズマ対向壁材料の有力候補として挙げられている。しかしWに高温でヘリウム (He) イオンを照射した結果、表面にHeバブルやフィラメント状のナノ構造が形成されることが報告されている[1]。また近年の研究で形成されたナノ構造がアニーリングによって収縮することも明らかとなっている[2]。しかし収縮する際のナノ構造内部の変化については未だ明らかになっていない。ナノ構造形成の物理機構を明確にするためにその競合過程である収縮現象を把握することは重要な意味を持つ。そこで本研究では、形成されたナノ構造の構造変化の温度依存性を明らかにすると共に、ナノ構造タングステンの内部に保持されているHeバブルの消失特性を調査した。

粉末焼結W試料（株式会社ニラコ製）を直径5 mmで切り出した後、直線型プラズマ照射装置NAGDIS-IIを用いて照射量 $1.5 \times 10^{25} \text{ m}^{-2}$ のHeプラズマ照射を行った。また、試料のバイアス電圧を制御し、入射イオンエネルギー50 eV、表面温度を1300 Kに維持して実験を行った。Heプラズマ照射後、昇温脱離ガス分析装置（TDS）を用いて脱離するHeガスの温度依存性を調べた。その際、773 Kから1173 Kまでの温度範囲で100 Kごと昇温し（1 K/s）、各所定の温度で25 分間保持した。また昇温実験中のHeバブルの状態を観察するために、透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて断面観察を行った。具体的には、九大応力研にてHe照射した試料を集束イオンビーム装置（FIB）で厚み50 nmで切り出した後、顕微鏡内で加熱および観察した。

図1にTDS実験におけるHeの放出結果を示す。その結果1173 Kで最も大きなHe脱離ピークが検出された。図2(a)にHeプラズマ照射直後、(b)および(c)にそれぞれ1073 K、1173 Kで加熱した

際の試料の断面TEM像を示す。高温になるにしたがい明らかなナノ構造の収縮が確認された。また、1173 Kではナノ構造内部のバブルの大部分が消失し大きく構造が変化することがわかった。この結果は1173 KにおけるTDS結果と対応しており、この温度で最も表面拡散が活発になり、バブルが表面に移動し大気中へ脱離したと考えられる。

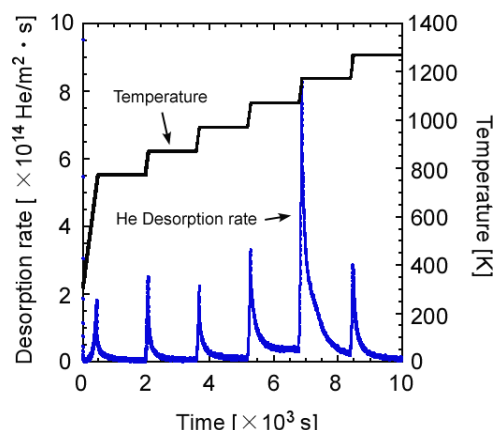


図1) TDS実験におけるHeガス放出結果。

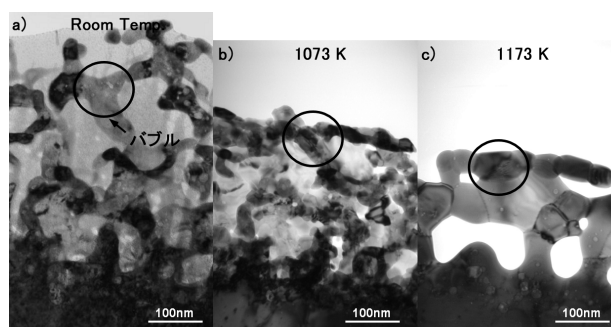


図2) (a)プラズマ照射直後、(b)1073 K、
(c)1173 Kで加熱した試料の断面 TEM 像。

[1]S.Kajita *et al.*, Nucl. Fusion, **49** (2009) 032002.

[2]S.Kajita *et al.*, J. Nucl. Mater., **421** (2012) 22-27.