

高機能電子顕微鏡によるタングステン中の水素滞留挙動に与える ヘリウム照射の影響評価

Effect evaluation of helium irradiation on hydrogen behavior in tungsten with high function TEMs

宮本光貴¹⁾, 佐野航平¹⁾, 澤江伴弥¹⁾, 治田充貴²⁾, 倉田博基²⁾

MIYAMOTO Mitsutaka¹⁾, SANO Kohei¹⁾, SAWAE Tomoya¹⁾, HARUTA Mitsutaka²⁾, KURATA Hiroki²⁾

(1) 島大, (2) 京大

(1) Shimane Univ. (2) Kyoto Univ.

【はじめに】

燃焼プラズマを取り扱う将来の核融合炉においては、プラズマ対向材料は、燃料水素同位体に加え、核融合反応によるヘリウムに同時に曝される。ITERのダイバータ材料として使用が予定されているタングステンにおいては、ヘリウム照射がそこでの水素滞留挙動に著しい影響を及ぼすことが指摘されているが、動的な水素同位体挙動を微細組織変化と直接関連付ける決定的な知見は得られていない。そこで、本研究ではタングステン中の水素同位体やヘリウムの挙動を、2種類の高機能電子顕微鏡を用いて高精度に直接その場観察し、水素同位体挙動に与えるヘリウム照射の影響を微視的観点から明らかにすることを目指した。

【実験方法】

試料には粉末焼結タングステン(Nilaco-co., 99.95%)を $\phi 3\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ に加工し、ジェット研磨法により薄膜化したものを用いた。

イオン銃直結型透過電子顕微鏡に高分解能四重極質量分析計を新たに導入した装置(in-situ TEM-QMS, 島根大学)を用いて、重水素(3 keV-D₂⁺)やヘリウム(3 keV-He⁺)を単独、あるいは逐次照射後に、装置内で室温から1573 Kの範囲で昇温し、微細組織変化とガス放出挙動を同時に実時間その場測定した。

さらに、モノクロメータ搭載低加速原子分解能分析電子顕微鏡(STEM-EELS, 京都大学)を用いて、各種照射試料中に滞留した重水素やヘリウムの存在位置を高い空間分解能で定量的に評価した。

【結果・考察】

図1は、室温で①重水素単独照射、②ヘリウム予照射後に重水素照射、および、③ヘリウム予照射後に1573 Kまでアニールした試料に室温で重水素照射した各試料の昇温下の(a)重水素脱離スペクトルと、同時にその場観察した②の(b)微細組織変化をそれぞれ示す。ヘリウム予照射に伴い重水素脱離ピークが著しく増加す

るとともに、一部の重水素は600 K以上の高温まで捕捉されていることが分かる。微細組織観察からヘリウム照射に起因した高密度の微細なヘリウムバブルと昇温下におけるその成長が観察されており、重水素がヘリウム照射誘起欠陥に多量に強く捕捉されていたものと考えられる。

図2には、③のSTEM-EELSによる(a)高角度散乱円環暗視野像、および (b)重水素と(c)ヘリウムの濃度分布像をそれぞれ示しているが、重水素がヘリウムバブル内に明瞭に局在していることが確認できる。本発表では、STEM-EELSを用いた昇温下における重水素、およびヘリウムの滞留挙動についてもあわせて報告する。

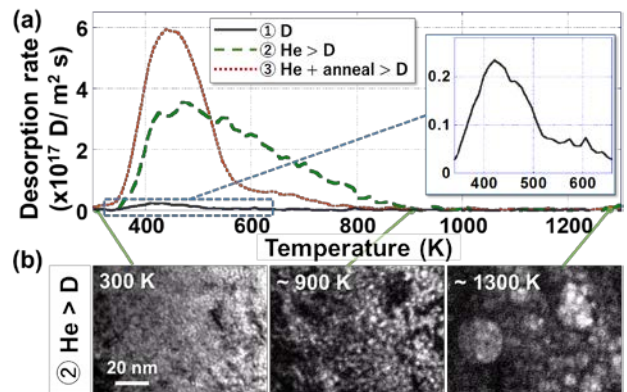


図1 TEM-QMSを用いて測定した各種条件下における照射後タングステン試料の昇温下の(a)重水素脱離スペクトルと(b)微細組織変化

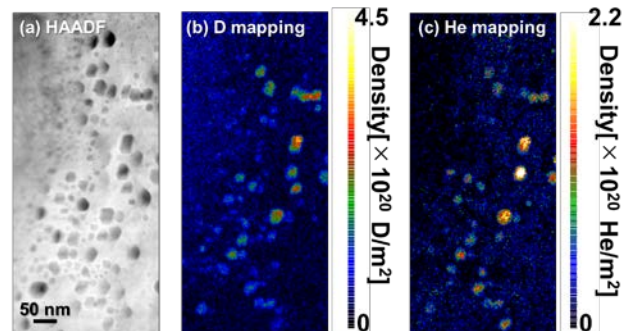


図2 ヘリウム予照射後に重水素照射したタングステン試料の(a)高角度散乱円環暗視野像と(b)重水素、および (c)ヘリウムの濃度分布像。