

炭素/ヘリウム/照射損傷混在下のタングステンの水素同位体蓄積・脱離挙動

Deuterium retention and desorption behaviors in tungsten with carbon/helium/radiation damage

山口大揮¹, 山内有二², 信太 祐二² D.Yamaguchi¹, Y.Yamauchi², Y.Nobuta²

1.北海道大学大学院工学院 2.北海道大学大学院工学研究院

1. Graduate school of Engineering, Hokkaido University 2. Faculty of Engineering, Hokkaido University

【背景・目的】 核融合炉第一壁材料としてタングステンが有望視されている。核融合炉内の第一壁表面には、運転中炭素などの不純物、ヘリウム灰などの粒子が飛来し、不純物/ヘリウム/照射損傷が混在する層が形成する。これらの混在により水素同位体の蓄積・脱離挙動が変化し、プラズマ閉じ込め性能を劣化させ、さらに炉内トリチウム制御を困難にする可能性がある。本研究では表面に炭素を堆積させるとともに高エネルギーヘリウムを照射したタングステンに対して、重水素を照射し、重水素蓄積・脱離挙動に対する炭素不純物/ヘリウム/照射損傷混在の影響を調べた。得られた成果を核融合炉の壁調整法等の最適化に反映させることを目的とした。

【実験】 試料としてニラコ社製純度 99.95%の多結晶・粉末冶金タングステン板を用いた。前処理としてアルミナ粉を用いた機械研磨、エタノール超音波洗浄及び真空脱ガス(1000°C、30min)を施した。試料表面に高周波マグネトロンスパッタ装置を用いて炭素膜を堆積させた。放電ガスを Ar、放電圧力を 1.5Pa、放電パワーを 300W とし、5min 堆積させた。オージェ電子分光法で評価した堆積炭素膜厚は約 15nm であった。炭素堆積後、ECR イオン源を用いてヘリウムイオンを照射し、表面に照射損傷・ヘリウムを導入した。引き続き、重水素イオンを照射した。照射エネルギーを He:5keV、D:1.7keV とし、照射量を He:0.5、5、50x10¹⁶ cm⁻²、D:5x10¹⁷ cm⁻² とした。その後、昇温脱離分析により重水素蓄積・脱離挙動を評価した。更に電子顕微鏡、X線光電子分光法を用いて重水素の蓄積・脱離プロセスの考察を行った。

【結果】 試料に打ち込まれた重水素は昇温脱離分析中、主に D₂ の形で脱離した。Fig.1 に各試料の D₂ の昇温脱離スペクトルを示す。試料へのヘリウム照射が、重水素蓄積・脱離挙動に大きな変化をもたらすことが分かった。ヘリウム照射を施すことで重水素保持量は大きく増加した。ヘリウム照射試料の表面には凹凸が確認された。ヘリウム照射により照射誘起欠陥が生じ、欠陥に重水素が捕捉されたため保持量が増加したと考えられる。また炭素膜堆積タングステンに対しヘリウム照射を施すことで、重水素保持量が増加するとともに新たな重水素脱離ステージが現れた。同試料の化学結合状態を分析した結果、C-W 結合にピークが現れた。照射により炭素/ヘリウム/ダメージの著しい混合が生じ、WC 構造が新たな D 捕獲座として形成したため新たな脱離ステージが出現したと考えられる。

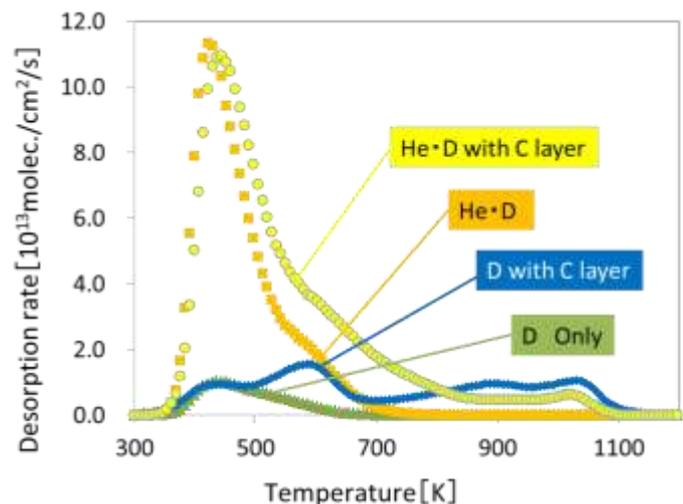


Fig.1 D₂ desorption spectra of carbon-deposited tungsten samples with helium pre-irradiation.