

タングステンにおいて重水素、炭素、ヘリウムイオン 同時照射が及ぼす重水素滞留挙動への影響

静岡大学大学院理学研究科 奥野・大矢研究室 修士1年 押尾 純也

核融合炉ダイバータおよび第一壁にて、トリチウムリサイクリングの観点からプラズマより照射されることが考えられる炭素イオン、ヘリウムイオンが重水素滞留挙動に及ぼす影響の解明が重要である。本研究では、炭素、ヘリウムによる水素同位体滞留挙動への影響の解明を目的とし、タングステンに対し各イオン照射を行い、昇温脱離(TDS)法により、重水素滞留挙動を系統的に評価した。

1. 緒言 核融合炉ダイバータにはタングステンと炭素繊維複合材(CFC)の併用が検討されている。核融合炉運転時にはプラズマから漏洩した高エネルギー粒子に CFC がスパッタされるとともに、スパッタされた炭素やプラズマ粒子である水素同位体やヘリウムなどがダイバータや第一壁に照射されることが考えられ、水素同位体はこれらの照射により形成した照射欠陥に捕捉されることが知られている。そのため、トリチウムリサイクリングの観点からタングステン中の水素同位体滞留挙動におよぼす炭素イオン、ヘリウムイオン同時照射効果の解明は重要である。本研究では、種々の条件で複合イオン同時照射を行うことでタングステンにおける重水素滞留挙動におよぼす炭素、ヘリウムイオン同時照射の効果を解明することを目的とした。

2. 実験 昇温脱離法(TDS)測定用試料として、アライドマテリアル社製歪み取りタングステン(10 mm×0.5 mm²)を用いた。初めに不純物除去を目的とした加熱処理を 1173 K で 10 分間行った後、照射エネルギーを重水素イオン 3 keV D₂⁺、炭素イオン 10 keV C⁺、ヘリウムイオン 3.0 keV He⁺とし、イオンフルエンスをそれぞれ 1.0×10²² D₂⁺ m⁻²、0.2×10²² C⁺ m⁻² および 0.2×10²² He⁺ m⁻² とし室温にて各イオン同時照射を行った。その後温度領域 R.T-1173 K、昇温速度 30 K/min にて、TDS を行うことで重水素脱離挙動を評価した。また、透過型電子顕微鏡(TEM)観察試料として、同社製タングステンを 3 mm×0.1 mm² に加工・電解研磨し、上記のエネルギーで各イオン照射を欠陥形成過程を観察するためにフルエンスを 1.0×10²²⁻²⁰ D₂⁺ m⁻²、0.2×10²²⁻²⁰ C⁺ m⁻² および 0.2×10²²⁻²⁰ He⁺ m⁻² と変化させて各イオン複合照射を行い、TEM 測定を行うことで欠陥形成過程の評価を行った。

3. 結果・考察 図に各イオン同時照射における D₂ TDS スペクトルを示す。重水素単独照射と比較して各同時照射に関して重水素滞留量の増加がみられ、重水素・炭素・ヘリウム同時照射に関して重水素・ヘリウムイオン同時照射よりも重水素滞留量の減少がみられた。これらのスペクトルは重水素炭素同時照射に関して、400 K 付近の表面吸着と転位ループからのピーク 1^[1]と 550 K 付近に炭素照射により形成した空孔や空孔クラスターからのピーク 2^[2]で構成され、また重水素・ヘリウム同時照射に関しては、580 K 付近にヘリウムイオン照射により形成した空孔からの脱離ピークであるピーク 3^[3]が観測された。また TEM 観察より重水素単独照射と比較して、イオンフルエンスを上昇させるにつれ、重水素・炭素、重水素・ヘリウム同時照射では転位ループの密度と量の増加がみられ、重水素・炭素・ヘリウム同時照射に関しては He バブルの形成がみられた。以上のことから重水素・炭素・ヘリウム同時照射に関して、各イオン種による照射欠陥や原子空孔に He バブルが生成するため格子間原子が回復できずに転位ループが増加するが、同時に炭素照射によるタングステンのスパッタに伴い各二種イオン照射と比較し重水素滞留量の減少が起きたことが示唆された。

[1] O. V. Ogorodnikova, et al., *J. Nucl. Mater.*, 313 (2003) 469-477.

[2] S. O' hira, et al., *J. Nucl. Mater.*, 258-263 (1998) 990-997.

[3] H.T.Lee et al., *J. Nucl. Mater.*, 363 (2007) 898

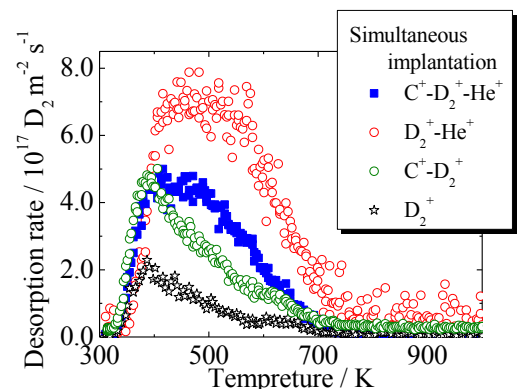


図 各イオン同時照射における
D₂ TDS スペクトル