

核融合工学部会セッション

日米科学技術協力事業 PHENIX 計画の成果
Accomplishments of Japan-US Joint Research Project PHENIX

(3) 中性子照射タングステン中の水素同位体挙動

(3) Hydrogen isotope behavior in neutron damaged W

*大矢 恭久¹, 波多野 雄治², M. Shimada³, D. Buchenauer⁴¹静岡大学, ²富山大学, ³INL, ⁴SNL

1. はじめに

原型炉プラズマ対向材料は極めて高いフラックスの D/T プラズマに高温で長時間曝露されることから、大量のトリチウムが材料中に蓄積するとともに、冷却材へ透過することが懸念される。PHENIX 計画タスク 3 では原型炉を想定した高温下における中性子照射タングステン (W) のトリチウム滞留と透過挙動を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の進め方

オークリッジ国立研究所 (ORNL) の研究炉 HFIR にて 633 K、963 K および 1073 K で 0.1 dpa まで中性子照射した単結晶 W 試料をアイダホ国立研究所 (INL) の STAR 施設に輸送した。その後、トリチウムプラズマ実験装置 (TPE) を用いて重水素 (D) プラズマを中性子照射時とほぼ同じ温度で照射フルエンス 5.0×10^{25} D m⁻² まで照射し、昇温脱離法 (TDS) にて重水素放出挙動を調べた。また、別の試料はサンディア国立研究所 (SNL) にて核反応分析法 (NRA) で重水素の深さ分布を最大 3 μm まで調べた。その後、HIDT (Hydrogen Isotope Diffusion and Trapping) コードを用いて実験結果を解析した。また、1073 K および 1373 K にて 0.3 dpa まで中性子照射した W 試料を用いて D と He の混合プラズマ照射を行い、He 混合による重水素滞留挙動の変化についても検討した。

3. 主要な成果

図に中性子照射試料 (照射温度 W53 : 633 K, W55 : 963 K, W26 : 1073 K) における重水素 TDS スペクトルを示す。照射温度が高温になると滞留量が減少するとともに、脱離温度が高温側にシフトしている。NRA では表面近傍における D と W の原子比 D/W は W53 で 1.7×10^{-3} であったが、高温の W26 では 4.9×10^{-5} と 2 桁近く減少するとともに、非照射 W と比較して高温中性子照射 W では内部の濃度も増大していた。HIDT シミュレーション結果から照射欠陥と D の結合エネルギーを評価したところ、高温照射になるにつれ 1.43 eV から 2.07 eV に増大していることがわかった。これはアニーリング効果により結合エネルギーが大きい欠陥集合体が形成されたか、高温照射により低エネルギー捕捉サイトから D が脱離し高エネルギー捕捉サイトの寄与が明確化したことによると考えられる。

また、重水素と He のガス流量を 15:10 sccm または 24:1 sccm として TPE にて D+He 混合プラズマ照射し、重水素滞留量を調べた。その結果、He を混合させることにより中性子照射 W においても重水素滞留量が大きく減少することが示された。今後、微細組織観察を行い He バブル等の挙動を明らかにするとともに、HIDT シミュレーションによる He 滞留影響について明らかにする予定である。

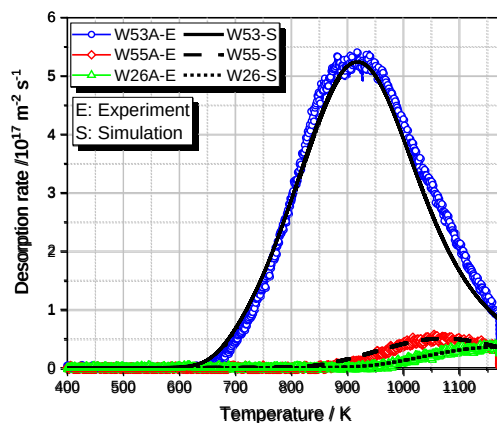


図 高温中性子照射した W における重水素 TDS スペクトル (照射温度 W53 : 633 K, W55 : 963 K, W26 : 1073 K)

*Yasuhisa Oya¹, Yuji Hatano², Masashi Shimada³ and Dean Buchenauer⁴¹Shizuoka Univ., ²Univ. of Toyama, ³INL, ⁴SNL