

QUEST照射による対向材料のプラズマ・中性子（イオン）重畳効果に関する研究 Synergistic Effects of Neutron (ion) and Plasma on Material in QUEST

渡辺英雄¹、吉田直亮¹、栗下裕明²、室賀健夫³

¹九大応力研、²東北大金研、³核融合研

Hideo WATANABE¹, Naoaki YOSHIDA¹, Hiroaki KURISHITA², Takeo MUROGA³

¹RIAM Kyushu Univ., ²IMRTohoku Univ., ³NIFS

1 緒言

QUESTによるプラズマ暴露のこれまでの実験から、表面に付着した炭素等の不純物や材料中に侵入した水素が観察されているが、これは中性子照射による照射欠陥と相互作用し、材料中の水素化物の形成や照射欠陥集合体の形成に大きな影響を与える可能性がある。実機プラズマに暴露された材料の中性子照射効果に関しては国内外で殆ど実験の例がないが、将来の原型炉の設計・建設には重要な知見を得ることが予測され、東北大学と共同で上記テーマに関する共同研究が平成23年度からスタートした。共同研究では、将来の中性子照射と実機プラズマ同時照射（重畳）効果の基礎実験として純タングステンにおける、1) 重イオン照射材の注入水素同位体の保持・放出特性、2) ヘリウム・重イオン同時注入効果、3) QUESTによる非密封放射性同位元素プラズマ暴露に関する問題の3つについて検討した。

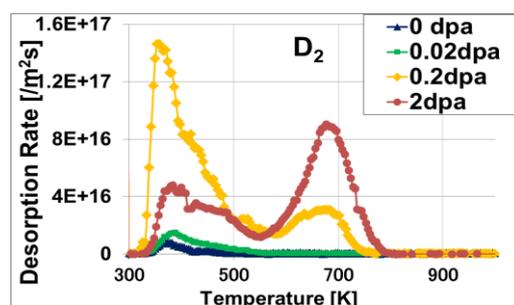
2 結果

2-1 イオン照射したタングステン材料の注入水素同位体の保持・放出特性

Nilaco社製タングステンシート（純度99.95%、厚さ0.1mm）を試料として用いた。このシート材から5×10mm、10×10mmの大きさに切り出し、鏡面研磨、熱処理、電解研磨の順に処理を施した。熱処理は、昇温脱離実験（TDS）用の5×10mmのタングステン片を1173Kから1323Kまでの温度で30分間焼鈍した試料を作製した。作製した試料に室温で重水素イオンを 1×10^{21} ions/m²照射し、TDSをおこなった。10×10mmの深さ分布分析（GD-OES）用タングステン片は2 dpaまでの重イオン照射をおこなった後、室温から773Kの重水素イオン照射を 1×10^{22} ions/m²おこなった。そのあと焼鈍する試料は410Kと573Kまでの焼鈍をし、GD-OESをおこなった。

受入れ材を各温度で焼鈍した試料のTDSのD₂放出では、330~420K（peak A）と420~560K（peak B）での放出ピークは焼鈍温度が上昇するにつれて減少した。再結晶材からの放出量は少なく、peak Bでの放出はほとんど確認できない。peak A

でのピークは表面吸着や不純物、金属内部での弱い捕捉サイトによるものと考えられる。室温で0.02 dpa, 0.2 dpa, 2 dpaの重イオン照射をした試料のTDSのD₂放出結果を下図に示す。0.2 dpa以上ではpeak A, B, Cで放出がみられた。0.2 dpaではpeak Aが最も大きい。さらに照射した2 dpaではpeak Aが減少しpeak Cが大きくなっている。それぞれの放出ピークの主な捕捉サイトは、TEM及びGDOS等の結果から、Peak A（330~420K）は表面吸着、タングステン中の不純物元素、単空孔による放出。Peak B（420~560K）は転位などの欠陥、Peak C（660~900K）は微細なV-クラスタ、ナノボイドによると考えられる。



2-2 非密封放射性同位元素プラズマ暴露に関する問題と中性子照射試料の搬送・照射計画

本研究テーマに関連して、RI実験施設利用（九大/東北大）及びQUESTでの照射の可能性を検討している。具体的には、RI施設からの搬出可能なレベルまで、微細加工後、九大でのプラズマ照射を実施する。その際に問題となるのは、1) 極微小試験片から得られる情報の検討（許容線量以下に抑える）2) 中性子照射による核種、量の検討。九大・RI実験室の確保、中性子の照射条件（QUESTの壁温度近傍、最大0.1 dpa）等が挙げられる。九大RI施設に輸送済み高温照射試料を利用（高純度ステンレス、純Ni等、Wは不可（1980年代に照射済み試料を活用）し、これを学内輸送、表面プローブを用いた高温での追照射・TEM観察の実施した後、九大RIセンターに試料を廃棄する。現在、法的手続きや学内内規の整備等を進めている。