

タングステン被覆低放射化フェライト鋼の水素同位体透過挙動に対するヘリウム照射効果

Helium irradiation effects on deuterium permeation behavior in tungsten-coated ferritic steel

上田創太郎1), 信太祐二1), 佐々木浩一1), 波多野雄治2), 染谷洋二3)
UEDA Sotaro 1), NOBUTA Yuji 1), SASAKI Koichi 1), HATANO Yuji 2),
SOMEYA Youji 3)

1)北海道大学, 2)富山大学, 3)量子科学技術研究開発機構

1)Hokkaido Univ, 2) University of Toyama, 3) QST

ueda.sotaro.e7@elms.hokudai.ac.jp

重水素(D)とトリチウム(T)を燃料とする核融合炉では、これら燃料水素がプラズマを取り囲む第一壁に入射する。また、第一壁はプラズマ周辺の燃料水素ガスにも曝される。第一壁の直下に流れる冷却水に放射性物質であるTが混入してしまうと外部環境に漏洩する可能性がある。したがって、T管理に関わる安全の観点から第一壁のT透過挙動を把握する必要がある。核融合炉の第一壁材料としてタングステン(W)を被覆した低放射化フェライト鋼(F82H)が候補となっている。先行研究から、ヘリウム(He)がWバルク材に照射されることにより水素同位体の透過が桁違いに抑制されることが知られている[1]。一方、W膜に対するHe効果はよくわかっていない。本研究ではW膜の水素透過挙動に対するHeイオン照射の影響を明らかにすることを目的としている。

試料として、量子科学技術研究開発機構で開発されたF82H基板に対し大気プラズマ溶射(APS)によりW被覆した試料(APS-W/F82H)、及びF82HにスパッタW膜を被覆した試料(S-W/F82H)を使用した。走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した各試料の断面写真を図1に示す。APS-Wの内部には、膜の形成時に形成されたと思われる幅 $0.1\mu\text{m}$ 程度のポイドが観察された。一方、APS-W膜とは異なり、S-W膜は柱状構造を有していた。

D透過測定で使用した試料ホルダーの模式図を図2に示す。誘導結合プラズマ(ICP)の直下に試料ホルダを設置し、負バイアスを印加することでDあるいはHeイオンを照射した。イオン照射時の試料温度は673K、放電圧力はDおよびHeプラズマでそれぞれ3Pa、8Paである。Dイオン照射中に透過した重水素を四重極質量分析計で検出した。また、Dプラズマ、Heプラズマ、再びDプラズマの順番で照射することで、He照射効果を観察した。

APS-W/F82H試料のDプラズマ照射中の重水素透過曲線とHeイオン照射後($1.0\text{--}3.0 \times 10^{20}\text{He}/\text{cm}^2$)

の変化を図3に示す。今回の照射条件では、D透過に対するHe照射効果はあまり見られなかった。本発表では、S-W膜に対しても同様のHe照射を行い、W膜の微細構造とHe照射効果の関連についても議論する予定である。

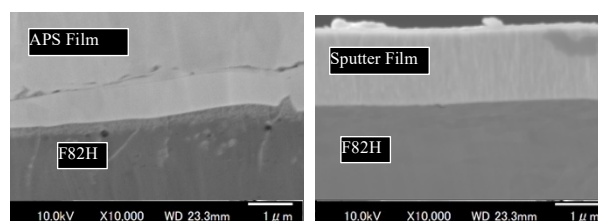


図1. 試料のSEM観察結果
(左: APS-W/F82H, 右: S-W/F82H)

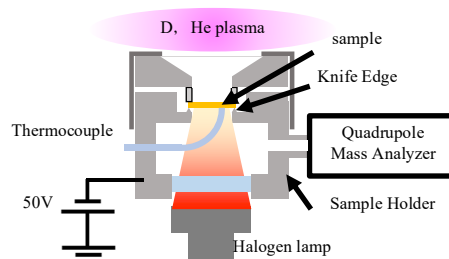


図2. Dプラズマ透過装置の概要図

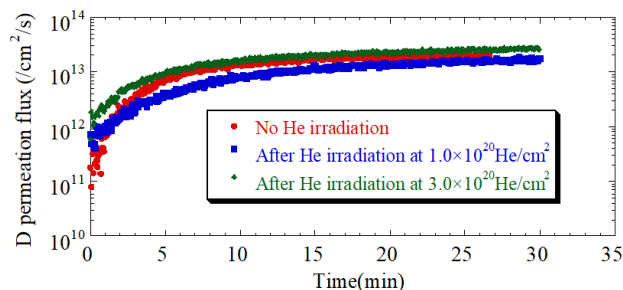


図3. APS-W/F82HのDプラズマ中のD透過フラックスの時間変化

参考文献

[1] H.T. Lee et al., Journal of Nuclear Materials, 415 (2011) S696-S700