

KSTAR および EAST プラズマによるタングステン堆積層への 重水素蓄積量評価

Hydrogen isotope retention on deposited W materials exposed to plasmas in KSTAR and EAST

芦川直子^{1,2}、片山一成³、E.N. Bang⁴、J. Wu⁵、S.H. Son⁴、Y.W. Yu⁵、F. Ding⁵、J.S. Hu⁵、
H.S. Zhou⁵、G.N. Luo⁵、M.K. Bae⁴、J.G. Bak⁴、S.H. Hong⁴、斎藤誠紀⁶
N. Ashikawa^{1,2}、K. Katayama³、E.N. Bang⁴、J. Wu⁵、S.H. Son⁴、Y.W. Yu⁵、F. Ding⁵ et al.,
核融合研¹、総研大²、九大³、NFRI⁴、ASIPP⁵、釧路高専⁶
NIFS¹、SOKENDAI²、Kyushu Univ.³、NFRI⁴、ASIPP⁵、NIT Kushiro College⁶

タングステン (W) は炭素 (C) に比べて水素リテンション量が低いため、EAST、WEST 装置および ITER におけるダイバータ材として使用、設計されている。W 堆積もしくは W 被覆層の場合、W-C、W-酸素 (O) 化合物により水素同位体リテンション量が増加することが知られているが[1]、構造・結晶特性との相関については十分明らかとなっていない。そこで、本研究では実験室成膜し規格化された W 堆積膜を使用し、構造・結晶特性と水素同位体リテンション量との関係について明らかにすることを目的とする。

A3 フォーサイトプログラム(日中韓共同研究、NSFC: No.11261140328, NRF: No. 2012 K2A 2A6000443) 共同研究の一環として、実験室成膜されたタングステン (W) 堆積膜を共通試料とし、KSTAR および EAST[2]で試料をプラズマ曝露する実験を行った。使用した W 堆積膜は九州大学で作成され、厚み約 450nm である。

第一壁位置でのKSTARプラズマ曝露の実験では、プラズマ照射(フルエンス約 $1 \times 10^{23} \text{ D/m}^2$)後に測定した昇温脱離法 (TDS) による重水素リテンション量はそれぞれ $2 \times 10^{19} \text{ D/m}^2$ (堆積膜無し: 再結晶タングステン)、 $4 \times 10^{20} \text{ D/m}^2$ (堆積膜有)であった。同試料に対しグロー放電発光分光法 (GD-OES) により測定した深さ方向分析の結果を図 1 に示す。堆積膜有では基板との界面に至るまで重水素が深く拡散されており、かつ界面近くで重水素の小さなピークがあることが分かる。これに対して、堆積膜なしでは表面から約80nmまで重水素が検出されているが、より深い領域では検出限界以下であった。これらのカウントの積分量の差は約10倍であり、この差はTDSの結果と等しいことが分かった。本実験で使用した堆積膜の特徴は、透過型電子顕微鏡による電子回折像およびX線回折 (XRD)

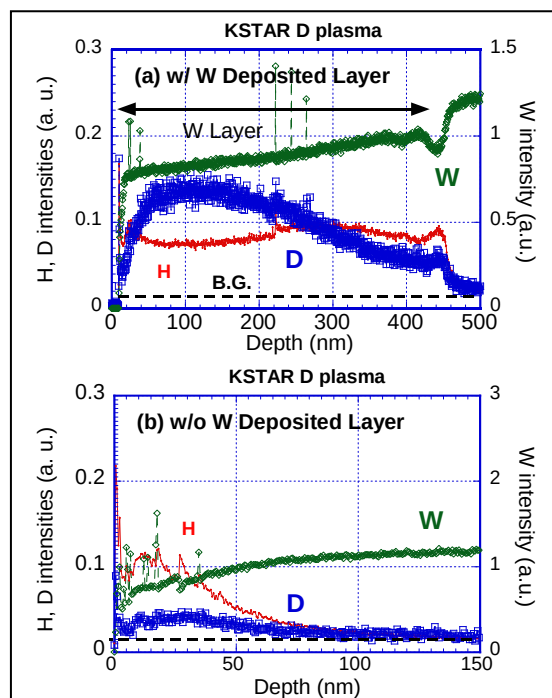


図 1. KSTAR 重水素プラズマに曝露された試料(基板:タングステン)に対する GDOES 深さ方向分析の結果。(a)堆積層有、(b)堆積層無し

で評価した。電子回折像では、ハローリングが形成されており、XRDの結果では、Wピーク幅がバルク材に比べて広がりがあることが分かった。これら二つのデータはいずれも微結晶質を表しており、XRDのデータから結晶子レベルの非均一性があることが分かった。

このようにタングステンの水素同位体リテンションにおいて、結晶性の違いが水素蓄積に寄与することを明らかにした。本発表では EAST の実験結果についても報告する。

[1]J. Roth, J. Nucl. Mater. (2009).

[2]K. Katayama, N. Ashikawa et al., PSI (2016).