高密度プラズマ照射によるベリリウムの表面特性変化 Surface Modification of Beryllium exposed to high density plasma

宮本光貴¹ 西島大輔², M.J. Baldwin², R.P. Doerner², 増崎 貴³ M. Miyamoto¹, D. Nishijima², M.J. Baldwin², R.P. Doerner², S. Masuzaki³

¹島根大院総理工,²カリフォルニア大学サンディエゴ校,³核融合研 ¹Shimane Univ., ²UCSD, ³NIFS

ITERでは、プラズマ対向材料としてタングス テンとベリリウムの使用が予定されており、こ れらの材料とプラズマとの相互作用(PSI)に ついて十分に評価しておく必要がある.これま でタングステンについては多様な研究が進めら れてきており、多彩な成果があげられているが、 ベリリウムに関しては、その取り扱い上の問題も あり,系統的な研究は立ち上がっていない.特に, 高性能プラズマの定常維持を目指すITERにお いては、 プラズマ対向面の大部分を占めるベリ リウム第一壁が炉内の主要なPSI現象を担うと 考えられることから、これまでのタングステン ダイバータに加え、ベリリウム壁を対象とした プラズマ壁相互作用の研究が不可欠である. そ こで本研究ではベリリウム金属への高密度混 合プラズマ曝露を行い,水素リサイクリング挙 動と原子レベルでの損傷組織形成過程を評価 した. なお、 プラズマ曝露にはベリリウムへの 高密度プラズマ照射が可能なUCSDの PISCES-Bを用いた.

直径 ϕ 20mm,厚さ1.5mmのベリリウムバルク 試料を,機械研磨した後,純重水素プラズマ (pure-D),および重水素とヘリウムから成る混 合プラズマ(D+He(~10%))に,照射エネルギー E_i ~ 40-100 eV,試料温度T~573 K,照射量 ϕ_D ~ 1x10²⁶ D/m²の条件で曝露した.曝露後の試料を FIB装置により薄膜化加工し,透過型電子顕微 鏡により微細組織観察を行った.

上述の実験条件において高密度プラズマに 曝したベリリウム試料表面には、いずれもコー ン状組織の形成が観察された.特に $E_i \sim 100 \text{ eV}$, $\phi_i \sim 1 \times 10^{26} \text{ D}^+/\text{m}^2$, $T \sim 573 \text{ K}$ でD+He(~10%)混合 高密度プラズマに曝した試料では、500nmを超 える顕著なコーン状組織が観察された(図1). 断面TEM観察像の解析から、個々のコーンは結 晶性を有しており、多くは基板の結晶方位と一 致することが確認された.一方、プラズマ曝露 前後の質量損失(図1の試料の場合 $\Delta m \sim -160 \mu g$) からベリリウムの損耗量を評価すると、概ねコ ーンの高さに一致した. これらの結果から, コ ーン状組織はスパッタリング過程で形成した ものだと考えられる. 図2には, 各種高密度プ ラズマに曝したベリリウム試料について, 昇温 脱離法から求めた試料内に蓄積する重水素お よびヘリウム保持量を示した. イオンエネルギ ーの増加に伴い, 重水素およびヘリウムの保持 量は増加し, *E*_i~100eVではD+He混合プラズマ に曝した方が, 高い保持量を示している. コー ン状の組織形成は, エネルギーの増加やHeの混 合により顕著であり, これらの粒子保持量に影 響しているものと考えられる. 講演では照射温 度等の影響も含め, 議論する予定である.



図1 高密度プラズマ(D+He(~10%), *E*_i~100 eV, *Φ*_l~ 1x10²⁶ D⁺/m², *T*~573 K)に曝したベリリウム試 料の表面(SEM)および断面(TEM)組織.



図2各種高密度プラズマ(Φ_i~1x10²⁶ D⁺/m², T~573 K) に曝したベリリウム試料中の重水素,およびへ リウム総保持量.