

核融合炉プラズマ対向材の水素同位体の蓄積と放出の数値シミュレーション

総合情報研究科 小野忠良

同志社大学 生命医科学部 剣持貴弘

核融合研究所 川村孝弼

総合情報研究科 村本哲也

Keywords: タングステン、プラズマ対向材、再放射、蓄積、拡散、モデリング、モンテカルロ法

1. 研究目的

タングstenは、高融点、良熱伝導性、損耗に対し高い抵抗性をもつことにより、ITER（国際熱核融合実験炉）のダイバータ板の候補材として選択されている。実機条件下でのダイバータ板材料のプラズマ照射に伴う再放射、蓄積、熱脱離などの物理的振る舞いを知ることは、炉心プラズマの粒子バランス、スパッタ粒子の再堆積、トリチウムインベントリなどに関連して重要である。しかし、周辺プラズマのイオン温度（ ~ 30 eV）程度の低エネルギーのイオンビーム実験は数少ない。その実験の結果に対する計算機シミュレーションはあるが、その研究では、ソース項となるモバイル原子の密度分布を、熱的過程を含まない計算機コードによる結果を用いている。しかし、本研究で示すように、照射イオンの密度分布は照射時間内に拡散により広がる。本研究では、動的モンテカルロコード ACAT-DIFFUSE を用いて、精錬タングstenへ 100 eV D イオンの照射過程、照射後の等温でのガス放出過程、熱脱離過程(TDS)の時間経過における、熱 D_2 分子再放出、反射および自己スパッタリングの流束を計算し、実験と比較した。また、温度 300 K, 473 K の材料中の D の蓄積量と密度分布を求めた。

2. 結果と考察

損傷領域では、照射促進効果を考慮した。以下に主要な結果を列記する。

- (1) 得られた結果は、拡散係数として $1.0 \times 10^{-8} \exp(-0.39 \text{ eV} / kT) \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ 、材料表面での水素の再結合係数として $1.2 \times 10^{-25} \exp(+0.59 \text{ eV} / kT) T^{1/2} \text{ cm}^4 \text{ s}^{-1}$ 、トラップエネルギー 0.85 eV, 2.2 eV で相対密度比が 0.05 D/W, 0.01 D/W となる 2 種類のトラップがあるとすれば、実験結果を再現出来る。ただし、ここで用いた拡散係数の値と再結合係数の値については、検討が必要である。
- (2) ACAT の計算では 100 eV D イオン照射によりタングsten中に欠陥を作ることは難しいことを示している。従って、この 2 種類のトラップは実験以前に作られたと推定される。
- (3) 温度 473 K での蓄積水素の総量は、 300 K のときに比べ約 6 倍ほど小さい。得られた TDS 期のピーク温度は 450 K, 860 K で、実験から得られた値 (475 K, 850 K) に近い。従って、蓄積水素量は、欠陥のトラップエネルギーに相当する温度近くの温度になると、大きく減少されることが予想される。
- (4) 温度 300 K, 473 K のとき照射中に放出された積算流束はそれぞれ、 7.49×10^{17} D/cm², 7.78×10^{17} D/cm² であり、入射流束 7.84×10^{17} D/cm² の 95.5% , 99.2% に相当する。

連絡先 Tel.: 086-256-9619 e-mail: ono@sp.ous.ac.jp