

# 重水素と窒素の同時照射によるタングステンのスパッタリング評価 Tungsten sputtering by simultaneous deuterium and nitrogen irradiation

山本 真大<sup>1</sup>, リ ハン テ<sup>1</sup>, 伊庭野 健造<sup>1</sup>, 上田 良夫<sup>1</sup>  
M. Yamamoto<sup>1</sup>, H. T. Lee<sup>1</sup>, K. Imano<sup>1</sup>, and Y. Ueda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 大阪大学大学院工学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Engineering, Osaka University

## 1. 背景・目的

核融合炉において、プラズマ対向機器の1つであるダイバータは高い熱負荷が流れこむため高融点のタングステン(W)を用いることが検討されている。溶融を防ぐために、窒素やネオン、アルゴンといった不純物ガスを導入し、熱負荷を低減することが検討されている。けれど不純物ガスによりスパッタされたWは炉心プラズマ内で高い放射率を持つため、プラズマ温度の低下を引き起こしてしまう。そのためWスパッタリングの特性を評価することは炉の運転に関して重要である。

特に重水素(D)と窒素(N)の同時照射ではW表面組成の変化が起これスパッタリングへの影響が生じる。本研究では様々な加速電圧や試料温度でDとNの同時照射をWに行いスパッタリング率を測定した。この結果を物理スパッタリングのみを考慮するBCAシミュレーションと比較することで、複雑なプラズマ条件や表面組成を持つ実験結果においてどれほど物理スパッタリングが支配的か調べた。

## 2. 実験方法

DプラズマにNを3.5 %シードしたD+N混合プラズマを生成しイオンビームとしてWに照射した。加速電圧を300~1000 V、試料温度を400~700 Kとして実験を行った。イオンビーム内で様々な分子のプラズマが生成されていることを考慮すると、各加速電圧に対するDの平均入射エネルギー( $E_D$ )を約100~500 eV, Nの平均入射エネルギー( $E_N$ )を約200~750 eVと仮定した。試料温度に関しては表面でWN層を形成すると計算されている600 K以下の温度領域を基準とした[2]。スパッタリング率は照射前後の質量変化から求めた。同時に、表面組成の変化を考慮できるBCAシミュレーションであるTRIDYN[3]を用いてスパッタリング率を計算した。

## 3. 結果

D+N照射によるWスパッタリング率は、照射エネルギーを増加につれて試料温度に関わらず増加した。実験値と計算値の照射エネルギー依存性の傾向は一致しており、また数値の差も20%と収まっているので、このエネルギー領域においては物理スパッタリングの影響が非常に高いことが分かった。

実験値が20%高い理由を考えるために2種類のパラメータを変化させ計算を行った。一つ目はプラズマ中の $E_N/E_D$ の比率を1.0~2.0の間で変化させた。その結果、Wスパッタリング率は約2倍の変化が見え、特に $E_N/E_D=2.0$ の場合、実験値とフィットした。二つ目はW表面のN蓄積を考慮しない計算を行った。その結果、Wスパッタリング率は入射エネルギーの増加に伴い約10~40 %増加した。

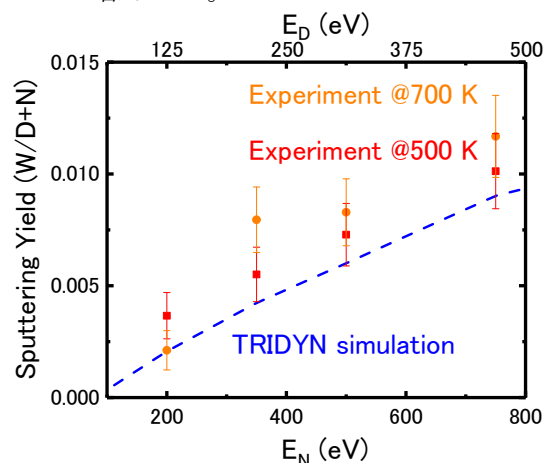


図 各原子の平均入射エネルギーに対する W スパッタリング率

## 4. 参考文献

- [1] N. Ohno et al, J. Plasma Fusion Res Vol84, No.11(2008) 740-749
- [2] K.Dobes et al, Physica Scripta Volume 2011 T145
- [3] Wolfhard Moller and Wolfgang Eckstein, "Binary collision Simulation of Atomic Collisions Dynamic Composition Changes in Solids", IPP 9/64(1988)