

## タングステン結晶構造の違いによるスパッタリング特性への影響 Influence of tungsten crystal structure on sputtering properties

上西克尚<sup>1</sup>、Lee Heun Tae<sup>1</sup>、伊庭野健造<sup>1</sup>、上田良夫<sup>1</sup>、福本正勝<sup>2</sup>  
Katsunao Uenishi<sup>1</sup>, Heun Tae Lee<sup>1</sup>, Kenzo Imano<sup>1</sup>, Yoshio Ueda<sup>1</sup>, Masakatsu Fukumoto<sup>2</sup>

大阪大学大学院工学研究科<sup>1</sup>、原子力機構<sup>2</sup>  
Graduate School of Engineering, Osaka University<sup>1</sup>, JAEA<sup>2</sup>

### 1. Introduction

核融合炉では、プラズマ対向機器の1つであるダイバータにタングステン(W)が用いられることが検討されている。ダイバータはプラズマからの熱による厳しい負荷にさらされ、これを軽減するために、冷却ガスとしてアルゴン(Ar)等をプラズマ中に導入することが検討されている。導入されたArが磁力線によってダイバータへ衝突し、ダイバータ材料であるWがスパッタリングされる。これにより、ダイバータの寿命が縮まる、スパッタリングされたダイバータ材料がプラズマ中に放出されることで放射損失が起きる、などにより炉の運転に影響を与え得る問題が生じる。よってArによるWのスパッタリング特性を評価することは重要である。しかし、ArによるWのスパッタリングの角度依存性や結晶方位依存性、異なる結晶構造をW試料についてのスパッタリングの研究はほとんどされていない。

本研究では、4種類のW試料のArによるスパッタリングの角度依存性(入射角度0、50、70度)、Wの主要な結晶方位(100、110、111)の垂直入射でのスパッタリング率について調べた。

### 2. Experiment

大阪大学の定常高粒子束イオンビーム照射装置(HiFIT)[1]を用い、ArイオンビームをW試料に照射した。イオンフラックスは $\sim 3 \times 10^{19} \text{Ar}/\text{m}^2\text{s}$ 、エネルギーは1 keV、試料温度は473Kで実験を行った。角度依存性の実験ではpure W、ITER-GW、VPS-Wを使用し、スパッタリング率は実験前後の質量変化から計算した。結晶方位依存性の実験ではpure Wを使用し、実験前のEBSPの測定と実験後のレーザー顕微鏡の測定結果を比較して結晶方位ごとのスパッタリングの関係性を求めた。

シミュレーションコードACVAT[2]をTRIM、実験結果と比較し、評価を行った。またACVATを用い、Wの主要な結晶方位に対して、Arイオンを入射角0~80度、方位角0~360度で入射する

シミュレーションを行った。

### 3. Results

スパッタリングの角度依存性について、実験結果を図1に示す。pure W、ITER-GW(PT-D11、13)のスパッタリング率に角度依存性が見られ、入射角度0、50、70度のそれぞれのスパッタリング率に顕著な差は見られなかった。VPS-Wについては角度依存性が見られず、他の試料に比べてスパッタリング率が小さかった。これは表面の凹凸が荒いためであると考えられる。

Wの主要な結晶方位(100、110、111)の垂直入射でのスパッタリング率は、(110)のスパッタリング率が最も大きくなるという傾向が、実験結果とACVATでのシミュレーションで一致した。

ACVATでのシミュレーションについて、TRIMとの比較については、ACVATのほうがより実験値に近い値、角度依存の傾向が得られた。またWのはじき出しエネルギーを変化させた場合、30~40eVで実験結果と近い結果となった。

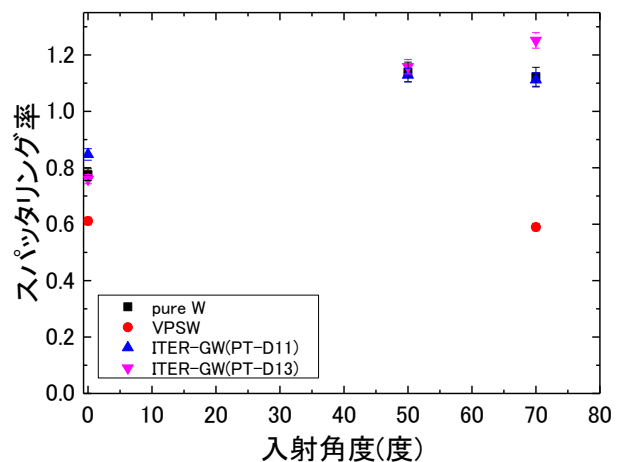


図1 ArイオンをW試料(pure W、ITER-GW(PT-D11、13)、VPS-W)に0、50、70度で照射した場合のスパッタリング率。

[1] H. T. Lee et al., J. Nucl. Mater. 415(2011) S696

[2] S. Saito et al., J. Plasma Fusion Vol.86, No.12(2010) pp.690-693