

再結晶温度を超える温度におけるタングステンのスパッタリング特性 Tungsten sputtering properties over recrystallization temperature

上西克尚¹、Lee Heun Tae¹、伊庭野健造¹、上田良夫¹
Katsunao Uenishi¹, Heun Tae Lee¹, Kenzo Ibano¹, Yoshio Ueda¹

大阪大学大学院工学研究科¹
Graduate School of Engineering, Osaka University¹,

1. はじめに

核融合炉において、プラズマ対向材料にタングステン(W)が用いられることが検討されている。ダイバータはイオンの衝突によってスパッタリングされ、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、炉の運転に影響を与え得る問題が生じる。よって、Wのスパッタリング特性を評価することは重要である。特に再結晶温度を超えるような温度においては、結晶状態の変化が起こり、それがスパッタリングや表面状態変化に影響する可能性があるが、詳細な研究はほとんどされていない。

実際、ダイバータでは非定常熱負荷により2273K程度まで温度が上昇する可能性があると考えられており、これはWの再結晶温度(約1473K)よりも高い温度である。過去の研究で、鉄(Fe)を再結晶化させながら軽水素と炭素の混合イオンビームの照射を行うと、結晶方位がスパッタリングの小さい方位に変化することが観察されている[1]が、この現象がWでも起こるかということは明らかになっていない。よって、再結晶温度付近におけるWのスパッタリング特性を調べる必要がある。

2. 実験方法

W試料はサイズが24mm×5.5mm×t0.025mmのものを用いた。W試料を加熱することで生じる質量変化を求めるために、照射前にそれぞれの照射温度で3.5hのアニールを2回行った。

大阪大学の定常高粒子束イオンビーム照射装置(HiFIT)[2]を用い、ArイオンビームをW試料に照射した。照射エネルギーとイオンフラックスはそれぞれ1keV、 $\sim 1.8 \times 10^{19} \text{Ar/m}^2\text{s}$ で、イオンフルエンスは $\sim 2.2 \times 10^{23} \text{Ar/m}^2$ である。Wの加熱には抵抗加熱を用い、照射温度は473、1073、1273、1573、1723Kで実験を行った。

Ar照射後にSEMを用いて表面状態、EBSPを用いて表面の結晶方位の観察を行った。

3. 実験結果

図1にArによるWのスパッタリング率の実験結果を示す。高温領域(特に $\sim 1473\text{K}$ の再結晶温度以上)では、Wのスパッタリング率がわずかに増加している。473Kと比較した場合、1723Kのスパッタリング率の増加率は、約30%である(473K: 1.1、1723K: 1.4)。このことからArによるWのスパッタリングにはわずかに温度に対する依存性が存在するように思われる。

SEMによる表面状態の観察から、再結晶温度以上では結晶粒の成長が確認できた。しかしながら、再結晶温度以上においても、Arイオン照射はWの表面構造変化に明白な影響を与えなかった。

EBSPによる表面結晶方位の観察では、Wを再結晶化させた場合、表面の結晶方位がある一定の方位へ配向されることが確認できた。詳細については、検討中である。

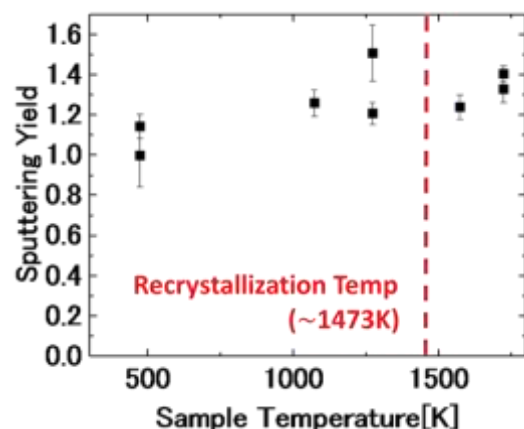


図1 ArイオンをWに照射した場合のスパッタリング率。照射温度は、473、1073、1273、1573、1723K。

[1] Y. Ueda et al., J. Nucl. Mater. 386-391 (2007) 367-370

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