

タングステン薄膜の弾性特性の重水素吸蔵による影響 Elastic property of Tungsten thin film effects of deuterium retention

土生 善昭¹⁾, リハンテ¹⁾, 長久保 白¹⁾, 荻 博次¹⁾, 伊庭野健造¹⁾, 上田良夫¹⁾
Y. Habu¹⁾, H. T. Lee¹⁾, A. Nagakubo¹⁾, H. Ogi¹⁾, K. Ibane¹⁾, and Y. Ueda¹⁾

1) 大阪大学大学院工学研究科

1) Graduate School of Engineering, Osaka University

1. 研究背景

タングステン(W)は核融合炉のプラズマ対向材料であるダイバータの候補材料として挙げられている。ダイバータは不純物の排出ポートであり、核融合反応燃料である水素同位体プラズマ照射を受ける。ダイバータにおいて、水素同位体プラズマは低エネルギー・高フラックスであるため、Wバルク材の表面近傍(～数十nm)に水素同位体が高濃度(0.1～10at%)で吸蔵される。[1]

一般的に金属に水素が固溶することで、金属の弾性定数の変化や塑性変形・応力緩和などの変形特性に変化が起こることが分かっている。[2]弾性率が変化すると亀裂の生成、熱伝導率が変化すると熔融に繋がる。亀裂・熔融はダイバータの寿命の評価に繋がるため、水素同位体吸蔵によるWの弾性特性の評価、特にプラズマと触れる表面近傍の弾性特性の評価が必要である。しかし、バルク材ではW全体の影響が含まれてしまうため、表面近傍のみの弾性特性の評価は明らかにされていない。

本研究ではSi基板にW薄膜(約50nm)を製膜してWの表面近傍を模擬し、水素同位体である重水素を照射することで、表面近傍における水素同位体吸蔵と弾性特性の変化について明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

実験で用いたW薄膜試料は、DCスパッタリング装置を用いて5mm四方のSi基板に製膜を行って作製した。X線回析(XRD)を用いてW薄膜試料の構造を測定したところ、alpha-W構造であった。また、X線反射率法(XRR)を用いてW薄膜の膜厚を測定したところ、膜厚は約40nmであった。重水素照射実験はDイオンの照射は、大阪大学の定常高粒子束イオンビーム照射装置(HiFIT)で行われ、低エネルギー(300 eV)、高粒子束(～ $1 \times 10^{20} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$)のイオンビームを試料に照射した。フルエンスは $1 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}$ 、 $5 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}$ 、 $1 \times 10^{23} \text{ m}^{-2}$ で、照射温度は300 Kで行った。弾性

特性(縦弾性定数・熱伝導率)の評価は大阪大学のフェムト秒レーザー装置(Chameleon)を用いて、ピコ秒超音波法[3]で測定した。

ピコ秒超音波法とは、極端パルス光によって薄膜内に超高周波弾性波を励起し、nmオーダーの薄膜の弾性率を精密に測定する手法である。

3. 実験結果

図1にW薄膜の縦弾性定数の重水素吸蔵依存性を示す。実験結果から、重水素を照射することで、W薄膜の縦弾性定数が増加傾向にあることが分かった。重水素をFluence $1 \times 10^{23} \text{ m}^{-2}$ 照射することで、W薄膜の縦弾性定数が約5%増加した。

また、重水素照射試料と未照射試料のピコ秒超音波法での実験結果から、レーザーによる熱膨張のピークのシフトが見られた。これは、熱伝導率の変化によるものであると考えられる。この結果から、重水素を吸蔵することによってW薄膜の熱伝導率が低下するのではないかと考えられる。

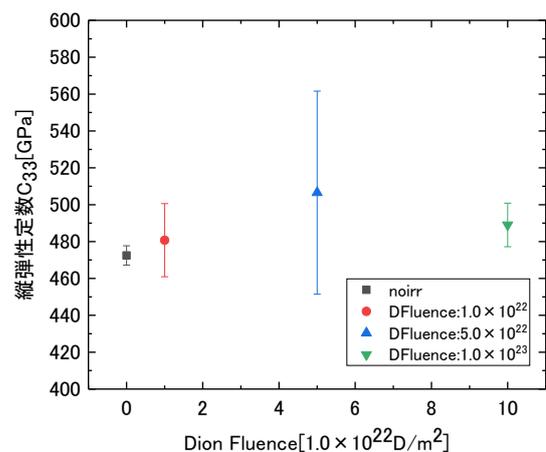


図1. W薄膜の縦弾性定数の重水素吸蔵依存性

参考文献

- [1] V. Alimov, Physica Scripta, T138 (2009) 014048
 [2] 南雲道彦：水素脆性の基礎，内田老鶴圃 (2009).
 [3] 荻博次：金属 Vol. 76 No.6, 671 (2006).