

希ガスプラズマ照射によるタングステン表面損傷形成機構

およびガス吸蔵特性に関する研究

矢嶋 美幸(名大院工・D1)

タングステン (W) は高い融点を持ち、かつ炭素よりトリチウム保持量が小さいという長所を有するため、核融合炉のプラズマ対向壁材料として有力視されている。しかし多くのプラズマ装置において高温でWにヘリウム (He) イオンを照射した結果、フィラメント状の構造 (以下、ナノ構造と表記する) [1] やHeバブル・ホール[2]が形成されるという報告がなされており、現在Heプラズマによる幅広い研究が行われている。しかし、核融合プラズマではHeの他に放射冷却のためにアルゴン (Ar) やネオン (Ne) などの希ガスが導入される可能性がある。希ガスであるArやNeも熱空孔に捕捉され、He同様にバブルおよびナノ構造が形成される可能性があるが、それらのWへの照射効果は十分にわかっていない。そこで本研究では希ガスプラズマとWとの相互作用を調査した。

本実験では厚さ0.2 mmの純度99.95%の株式会社ニラコ製W試料を使用した。W試料を直径5 mmで切り出した後、表面を研磨により鏡面に仕上げ、直線型プラズマ照射装置 NAGDIS-IIにおいて希ガスプラズマ照射を行った。照射の際、試料にバイアスを印加することで入射イオンエネルギーおよび試料温度のコントロールを行った。そして、スパッタリング閾値・はじき出し損傷閾値を考慮した様々な照射条件下でArおよびNeプラズマを照射した。プラズマ照射後、試料の照射面を走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscopy, SEM) を用いて観察した。また、試料を集束イオンビーム (Focused Ion Beam, FIB) 装置によって切り出し、透過型電子顕微鏡 (Transmission Electron Microscopy, TEM) を用いて試料の断面観察を行った。さらに、エネルギー分散形X線分光器 (Energy Dispersive X-ray, EDX) を用いて照射表面近傍および内部の元素分析を行った。

図1 (a) に1550 K、30 eV、 $5.0 \times 10^{26} \text{ m}^{-2}$ でAr照射を行った試料、図1 (b) に1400 K、50 eV、 $5.5 \times 10^{25} \text{ m}^{-2}$ でHe照射を行った試料[1]の断面観察結果を示す。どちらの試料もスパッタリング閾値以下の照射となっている。その結果、Ar照射試料ではバブル・ホールやナノ構造といった照射損傷は確認されなかった。また、スパッタリング閾値およびはじき出し損傷閾値以上の入射イオンエネルギーでもHe照射のような照射損傷は確認できなかった。またNe照射においても同様の結果が得られた。このように同じ希ガスプラズマ照射でもガス種によってWに形成される照射損傷が異なる理由として、同じ入射イオンエネルギーであってもArおよびNeの飛程がHeより短いため、ArやNeはW中の熱空孔に捕捉される前に脱離してしまうのではないかと考えられる。また、ArおよびNeの照射では、バブル及びナノ構造形成のために必要な飛程を与える入射イオンエネルギーでは、スパッタリングが発生するため、バブル・ホール/ナノ構造形成とスパッタリングとの競争が起きていると考えられる。

[1] S. Kajita *et al.*, Nucl.Fusion **49** (2009) 095005.

[2] D. Nishijima *et al.*, J. Nucl. Mater. **329-333** (2004)1029.

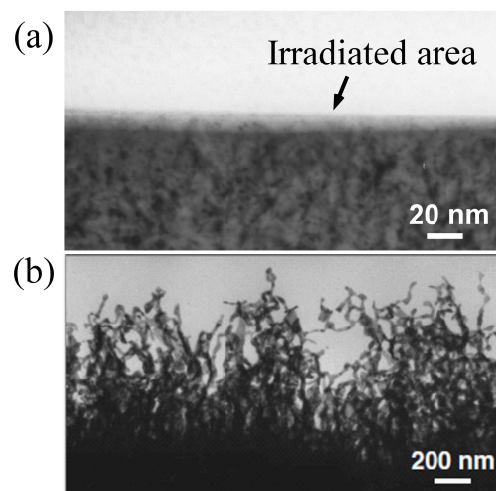


図1 (a)Ar および(b)He [1]の照射断面図