

タングステン中の照射欠陥形成および水素同位体捕捉に及ぼす 合金元素の影響

Effects of Alloying Elements on Defect Formation and Hydrogen Isotope Trapping in Tungsten

波多野雄治¹、汪 京¹、外山 健²、檜木達也³

HATANO Yuji¹, WANG Jing¹, TOYAMA Takeshi², HINOKI Tatsuya³

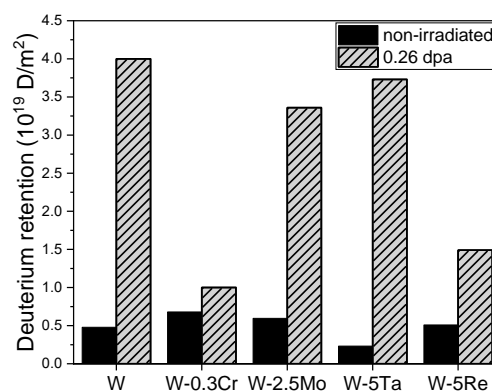
¹富山大学、²東北大学、³京都大学

¹U. Toyama, ²Tohoku U., ³Kyoto U.

【緒言】プラズマ対向材料であるタングステン (W) が中性子照射を受けると、照射欠陥による捕捉効果のため水素同位体保持量が著しく増大する。これは、真空容器内のトリチウム滞留量の増大につながる問題である。このような観点から我々は、合金化により照射欠陥の生成と水素同位体保持量の増大を抑制することを目指してきた。これまでに、5%のレニウム (Re) を添加すると 500 °C以上の高温では照射の影響を著しく低減できることを見出した[1]。これは、空孔およびその集合体の形成が抑制されたためであることが確認されている[1]。Suzudo と Hasegawa が行った DFT 計算によると、Re は W 自己格子間原子とクラスタを形成し、自己格子間原子の移動度を低減する[2]。このため、Re を添加した上で高エネルギー粒子を照射すると空孔と W 自己格子間原子の再結合が促進され、空孔形成が抑制される [2]。一方で、Suzudo らは他の元素と W 自己格子間原子との相互作用も DFT 計算で予想し、クロム (Cr) は Re より強く W 自己格子間原子と引力的に相互作用するものの、モリブデン (Mo) はほとんど相互作用せず、タンタル (Ta) 等は逆に斥力的に相互作用すると予測している[3]。そこで本研究では、W-Cr、W-Mo、W-Ta 二元系合金を調製し、合金元素と W 自己格子間原子の相互作用が空孔型欠陥の形成と水素同位体捕捉に及ぼす影響を調べた。

【実験】試料には W および W-0.3%Cr、W-2.5%Mo、W-5%Ta 合金板材 (10×10×0.5 mm) を用いた。表面を鏡面に仕上げたのち、真空中 (10⁻⁵ Pa) で 1000 °C に 1 時間加熱した。これらの試料に京都大学 DuET にて 800 °C で 6.4 MeV の鉄 (Fe) イオンを 0.26 dpa (ブラッグピーク位置) まで照射した。照射後の試料を 100 kPa の重水素 (D₂) ガスに 400 °C で 10 時間曝露した。そののち、D 保持量を昇温脱離法で評価した。また、空孔型欠陥の密度を陽電子寿命測定により調べた。

【結果および考察】全ての試料において 400 °C ~ 700 °C で D の脱離が見られた。一方で、下図のように D 保持量には試料間で大きな違いが見られ、W、W-2.5%Mo、W-5%Ta では照射により D 保持量が著しく増大したのに対し、W-5%Re および W-0.3%Cr では照射効果が著しく小さかった。また、W-5%Re と W-0.3%Cr では照射による陽電子寿命の増大も抑制されていた。すなわち、W 自己格子間原子と引力的な相互作用をする元素を添加した場合にのみ、空孔型欠陥の形成と水素同位体保持量の増大が抑制された。これらの結果は、合金元素が W 自己格子間原子とクラスタを形成し空孔との再結合を促進するという Suzudo ら[2] のモデルとよく一致した。



Fe イオン照射 W、W-0.3%Cr、W-2.5%Mo、W-5%Ta、W-5%Re 試料および非照射試料中の D 保持量

- [1] Y. Hatano et al., Nucl. Mater. Energy, **9**(2016)93-97.
- [2] T. Suzudo, A. Hasegawa, Sci. Rep., **6**(2016)36738.
- [3] T. Suzudo et al., J. Nucl. Mater., **505**(2018)15-21.