

Title	高エネルギー水素イオンで損傷を与えたタングステン中の水素同位体挙動に関する研究
Author(s)	福本, 正勝
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/23469
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	福本正勝
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22959 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	高エネルギー水素イオンで損傷を与えたタングステン中の水素同位体挙動に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 上田 良夫 (副査) 教授 飯田 敏行 教授 田中 和夫 教授 兒玉 了祐 教授 三間 罔興 教授 實野 孝久

論文内容の要旨

本論文は、数百keVの水素負イオンで照射損傷を形成したタングステン内部における水素同位体の挙動をまとめたものである。

第1章では序論として、タングステンのプラズマ対向材料としての位置づけを説明し、DT核融合炉、特にITERでタングステンを使用する場合の問題点を述べ、本研究の目的を示した。

第2章では、エネルギーを持った粒子が材料へ入射することにより、材料内部には格子間原子と原子空孔が形成され、これらが材料内を拡散し、それぞれ転位やポイドを形成することを述べた。その後、タングステンに形成された照射損傷について、400-720 Kの温度領域は、<110>亜鈴型の格子間原子が拡散し原子空孔と再結合する回復過程であること、および920-1220 Kの温度領域は、原子空孔が拡散し互いに結合する回復過程であることを述べた。

第3章では、材料中の水素同位体の拡散や捕獲サイトでの捕獲と脱離、および表面での解離と再結合の説明を行った。そして、タングステン中の重水素挙動をシミュレーションするために必要な変数の報告例を紹介し、本研究で用いた変数を示した。

第4章では、MeV級イオン源試験装置の構成、イオンビームの粒子束の評価方法、および照射損傷の評価方法を述べた。その後、定常高粒子束イオンビーム装置の構成、イオンビームに含まれる粒子成分の評価方法、および粒子束の評価方法について述べた。また、重水素・炭素混合イオンビームについて、ビーム中に含まれる粒子の中性化断面積の測定方法および測定結果についても述べた。

第5章では、本研究で使用した表面分析の原理を説明し、実験時の測定条件を述べた。

第6章では、照射損傷を形成したタングステンへ重水素イオンを照射し、重水素の蓄積量や捕獲密度、および重水素の放出特性、そして照射損傷形成後の熱処理が重水素の蓄積量や放出特性に及ぼす影響を実験的に評価した結果を述べた。照射損傷による重水素蓄積量増加を示し、dpaあたりの重水素蓄積量や捕獲サイトの生成率を定量的に評価した。照射損傷により新たな捕獲サイトが現れ、これは熱処理を行うことで消滅することを示した。熱処理により捕獲サイトは減少するが、完全には消滅しないことも明らかにした。

第7章では、照射損傷を形成したタングステンへ軽水素・炭素混合イオンを照射し、タングステン表面に形成されるプリスタの変化を実験的に調べた結果を述べた。照射損傷により小さなプリスタが減少し、これは結晶粒界

に蓄積する水素同位体の減少が原因であることを明らかにした。

第8章では、重水素放出のシミュレーションから捕獲エネルギーを評価した結果と、ITER第一壁タングステンへのトリチウム蓄積量を評価した結果を述べた。重水素放出のシミュレーションから捕獲エネルギーを特定し、捕獲エネルギーから捕獲サイトの種類を示した。軽水素脱離の時間変化から、重水素の捕獲過程を議論した。そして、実験結果とシミュレーション結果から、ITER第一壁タングステンでは、14 MeV中性子の照射損傷によりトリチウムの蓄積量が1桁以上増加する可能性を示した。

第9章では、本研究の成果をまとめ、今後の課題について議論した。

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、学位申請者、福本正勝が大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻博士課程在学中に行った、「高エネルギー水素イオンで損傷を与えたタングステン中の水素同位体挙動に関する研究」の成果をまとめたものである。本学位論文では、照射損傷が形成されたタングステンが核融合炉の周辺プラズマに曝された場合の重水素蓄積挙動、および表面の形状変化について論じている。

本論文は全9章で構成されている。

第1章では、核融合炉におけるプラズマ対向壁の問題点を示し、核融合炉壁材料としてのタングステンの位置づけを述べた。その後、タングステンを国際熱核融合実験炉(ITER)で使用することの問題点を述べ、本研究の意義を明らかにし、本研究の目的を述べている。

第2章では、エネルギーを持った粒子が材料へ入射することにより形成される照射損傷の種類を説明し、タングステンに形成される照射損傷の回復過程について説明している。

第3章では、拡散や捕獲サイトへの捕獲・脱離に代表される材料内部での水素同位体の挙動を説明し、タングステン内部での水素同位体挙動をシミュレーションするために必要な拡散係数などをまとめている。

第4章では、実験装置の装置構成やイオンビームの評価方法を説明し、タングステンに形成される照射損傷の評価方法について述べている。その後、本研究で使用したタングステンの特性をまとめている。

第5章では、本研究で使用した表面分析についての分析原理を説明し、実際の分析条件を示している。

第6章では、照射損傷を形成したタングステンに対して、重水素の蓄積量や捕獲サイトの生成率、および重水素の放出特性を実験的に調べた結果を述べている。

第7章では、タングステン内部の照射損傷がタングステン表面の形状変化、特にプリスタ形成への影響を実験的に評価した結果を述べている。そして、この結果からタングステンの結晶粒界への水素同位体蓄積に与える影響を考察している。

第8章では、第6章で得られた重水素の放出特性をシミュレーションすることで重水素の捕獲エネルギーを求め、エネルギーダイアグラムから捕獲サイトを考察している。また、実験結果およびシミュレーション結果から、14MeV中性子による照射損傷を考慮に入れた、ITER第一壁タングステンへのトリチウムの蓄積量を評価している。

第9章では、本研究で得られた成果をまとめて、本論文を総括している。

以上のように、本論文はタングステン中の照射損傷の水素同位体挙動への影響を初めて実験的に明らかにし、核融合炉におけるタングステン壁材料中のトリチウム蓄積量や表面形状変化を評価するうえで大きく貢献するものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。