

(様式4)

別紙2

## 論文審査の結果の要旨

学位申請者 内田 雄大

本論文は、「高エネルギーイオン照射による核融合プラズマ対向材の内部損傷に関する研究」と題し、6章より構成されている。

第1章では、将来のエネルギー源として期待される磁場閉じ込め型核融合装置の概要を説明し、プラズマ対向材に入射するヘリウムイオンの粒子フラックス、フルエンス、運動エネルギー分布などについて述べている。また、ヘリウムイオン照射により発生するバブル、再結晶脆化、ブリストアなど本論文の内容と材料分野との関連について説明している。以上より、MeV級のヘリウムイオン照射がタングステン内部に及ぼす影響を調査し、ブリストア生成特性を明らかにするという、本研究の背景と目的についてまとめている。

第2章では、構築したヘリウムイオン照射と内部損傷を観察するための実験系・観測系について述べている。静電加速器によりMeV級のヘリウムイオンビームをタングステン板材に照射する実験系を構築し、照射後のタングステン試料を集束イオンビーム装置(FIB)により加工して、走査電子顕微鏡(SEM)および透過電子顕微鏡(TEM)により内部の損傷を観察する実験の流れを説明している。

第3章では、ブリストア発生時の臨界フラックスと拡散との関係について調査している。ブリストア発生時の臨界フラックスが入射粒子フラックスによるヘリウムの流入とタングステン中のヘリウムの拡散による流出との兼ね合いであることを理論的に見積もり、実験結果とおおよそ一致することを確認している。臨界フラックスを導いたことにより、核融合システム設計において、ブリストア発生の有無を予測できる可能性を示している。

第4章では、ヘリウムイオン照射によるタングステン内部の構造変化について述べている。照射後のタングステン試料内部の同一箇所をTEMとSEMで観察できるようにFIB加工を行い、TEMの電子回折像およびSEMの電子線後方散乱(EBSD)から照射後の試料内部で結晶粒径が増加していることを確認した。これらの結果より、ヘリウムイオン照射によって試料内部の温度が局所的に上昇し再結晶化する可能性を示唆している。

第5章では、ブリストアの生成機構や膜厚とヘリウムイオンの飛程との関係について述べている。ブリストア生成機構として内圧モデルを説明し、ブリストアの観測された実験条件が内圧モデルと矛盾しないことを示した。また、実験結果であるブリストアの膜厚が飛程より見積もられた厚さよりも大きいことを示している。これは、核融合システム設計において、従来モデルに基づく設計では過小評価となる可能性を示唆している。

第6章では、前章までに得られた知見をまとめ、本論文の総括をしている。

よって、本論文は工学上及び工業上貢献するところが大きく、博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

審査委員主査 菊池 崇志 印