

Title	THERMAL RELEASE BEHAVIOR OF HELIUM IMPLANTED INTO METALS AT HIGH FLUENCES
Author(s)	山内, 知也
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38738
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	やま うち とも や 山 内 知 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 8 6 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 5 年 6 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	THERMAL RELEASE BEHAVIOR OF HELIUM IMPLANTED INTO METALS AT HIGH FLUENCES (金属中に高フルエンスで注入されたヘリウムの熱放出挙動)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三 宅 正 宣 教 授 高 橋 亮 人 教 授 岡 田 東 一 教 授 三 宅 千 枝 教 授 西 川 雅 弘

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、核融合炉材料において問題となる、金属中でのヘリウムの挙動に関する基礎的知見を得ることを目的として、銅、ニッケル、銀、及びチタンを対象とし、それらの多結晶試料に高フルエンスでイオン注入されたヘリウムの熱放出挙動についての測定結果、及び、その熱放出のメカニズムについての考察をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景と目的、本論文の全体構成について述べている。更に、金属中に注入されたヘリウムの状態に関する基本的知見、高圧下のヘリウム状態方程式、本研究の主たる実験的手法である熱放出測定の原理について解説している。

第2章と第3章では、それぞれ、銅、及び、ニッケルを対象としたヘリウム熱放出測定の結果をまとめ、熱放出挙動のフルエンス依存性、放出ピークと表面損傷との関連等を明らかにしている。銅、及び、ニッケル双方において、ヘリウム放出の活性化エネルギーが母材金属の自己拡散のそれとほぼ等しい放出ピーク（以下、この放出をSDタイプ放出と呼ぶ）が見られ、更に高いフルエンスにおいては、銅、及び、ニッケル中の格子間ヘリウム原子の移動の活性化エネルギー値に等しい活性化エネルギー値を持つ放出ピーク（以下、この放出をIMタイプ放出と呼ぶ）が現れることを報告している。

第4章では、ヘリウム熱放出と母材金属原子の自己拡散との関係を明らかにするためさらに銀を対象に測定し、この場合にもSDタイプ放出を観察している。以上の結果から、対象とした各金属の自己拡散係数を比較し、SDタイプ放出が母材金属の自己拡散に関連した同一のメカニズムで生じていることを推察している。

第5章では、前章までの金属とは異なった結晶構造を持つチタンからのヘリウム熱放出挙動についても述べている。チタンにおいてはSDタイプ放出は現れず、これは自己拡散メカニズムの違いによるものと推察している。

第6章では、ヘリウムの熱放出が、照射後昇温によるバブル成長の結果として生じているとの観点から、典型的なヘリウム放出のメカニズムを考察している。ホール発生を伴ったSDタイプ放出について、ホールとなる直前のバブル内圧を評価し、それが平衡圧よりも高いことを示し、SDタイプ放出の律速過程が熱平衡空孔の吸収によるバブル成長の過程と考えられることを数値計算結果によって明らかにしている。プリスタの発生を伴う放出が、イオン注入

後に生じていた小さなバブル間の破断によって生じていること、IMタイプ放出が高フルエンス照射後に現れる原因についても明らかにしている。

第7章では、代表的な放出ピークの特性的について、総括的に要約し、結論としている。

論文審査の結果の要旨

核融合炉の第一壁をはじめとする炉心材料に核融合プラズマからイオン注入されたヘリウムの挙動は炉心材料の健全性に係わる重要な材料問題の一つであるが、これに関する従来の研究は、主として、ヘリウムイオン注入量の比較的低い場合についてなされている。これに対して、本論文は注入量の高い場合のヘリウムの金属中での挙動に関する基礎的知見を得ることを目的に、銅、ニッケル、銀、及び、チタンを対象に、これらの材料に高線量でイオン注入されたヘリウムの熱放出測定を行った結果をまとめたもので、その主な成果は以下のように集約できる。

- (1) 測定されたヘリウムの熱放出曲線では、イオン注入量及び放出温度に対応して、複数の放出ピークが発現するが、この内に3つの典型的な放出ピークの存在が認められ、それらについて、その放出メカニズムを明らかにしている。
- (2) 面心立方構造の銅、ニッケル、銀においては共通して、それぞれの金属の融点 T_m (°K) に対して、 $0.7T_m$ に相当する温度付近に放出ピークが現れるが、この放出の活性化エネルギー値が母材金属原子の自己拡散の活性化エネルギー値に等しいこと、及び、これらの放出温度領域では各金属原子の自己拡散係数がほぼ等しい値であることを見だし、この放出を金属原子の自己拡散と結び付いたヘリウムバブルの成長による自己拡散律速型放出メカニズムで説明している。また、六方晶構造のチタンについてはこの型の放出が見られないことも報告している。
- (3) ヘリウム注入量の増加に伴い、自己拡散律速型より低い温度で放出ピークが生じるが、この放出については、ヘリウムバブル間の破断によるバブル間破断型放出メカニズムで説明している。
- (4) さらに高いヘリウム注入量では、ヘリウムの格子間移動の活性化エネルギー値に相当する放出の活性化エネルギー値を持つ放出ピークが現れるが、これは格子間移動型放出メカニズムとして説明出来ることを述べている。
- (5) 殆どの放出ピークは、それぞれ、特有の表面損傷を伴っていることを明らかにしている。

以上のように本論文は、核融合炉心材料とプラズマの相互作用に関連して、金属材料中に於けるイオン注入ヘリウムの挙動を把握するため、ヘリウム熱放出測定データを集積して、その解析、検討を行った結果により、核融合炉材料へのヘリウムに対する基礎的評価の上で有用な知見を与えており、原子力材料並びに核融合炉工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。