

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            |                                                                                                                                                                                                |
| Title(English)    | Neutron Irradiation Induced Damage of Silicon Nitride-Related Ceramics and Their Recovery Behavior                                                                                             |
| 著者(和文)            | RUEANNGOENAREERAK                                                                                                                                                                              |
| Author(English)   | Areerak Rueanngoan                                                                                                                                                                             |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第9469号,<br>授与年月日:2014年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:矢野 豊彦,小栗 慶之,小澤 正基,小原 徹,加藤 之貴                                                                          |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第9469号,<br>Conferred date:2014/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                           |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                                |
| 種別(和文)            | 審査の要旨                                                                                                                                                                                          |
| Type(English)     | Exam Summary                                                                                                                                                                                   |

論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  |         | 号 | 学位申請者氏名 |     | Areerak Rueanngoen |     |
|-------------|-----|---------|---|---------|-----|--------------------|-----|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏 名     |   | 職 名     |     | 氏 名                | 職 名 |
|             | 主査  | 矢 野 豊 彦 |   | 教 授     |     | 加 藤 之 貴            | 准教授 |
|             | 審査員 | 小 栗 慶 之 |   | 教 授     | 審査員 |                    |     |
|             |     | 小 澤 正 基 |   | 教 授     |     |                    |     |
|             |     | 小 原 徹   |   | 教 授     |     |                    |     |

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、Neutron Irradiation Induced Damage of Silicon Nitride-Related Ceramics and Their Recovery Behavior（窒化ケイ素関連セラミックスの中性子照射損傷とその回復挙動）と題し、6 章より構成されている。

第 1 章 “Introduction”（緒言）では、優れた耐熱性と機械的・熱的特性を有する窒化ケイ素系セラミックスが核融合炉材料として期待されるが、耐中性子損傷性の評価が不十分であり、特に二次集合欠陥が出来にくい比較的低温・低照射量での照射特性が明らかにされておらず、核融合炉に適用するためにはさらなる研究が必要であると指摘し、本研究の意義と目的を示している。

第 2 章 “Effect of neutron irradiation on polymorphs of silicon nitride and SiAlON ceramics”（窒化ケイ素および SiAlON 多形の中性子照射効果）では、563 K で  $8.5 \times 10^{24}$  n/m<sup>2</sup> の高速中性子を照射した  $\alpha$  型および  $\beta$  型窒化ケイ素および  $\alpha$  型および  $\beta$  型 SiAlON の合計 4 種の材料に関して、照射による体積膨張、格子定数変化および微構造変化を明らかにしている。その結果、体積膨張はいずれも小さな値であるが、中でも  $\beta$  型窒化ケイ素が他に比べて半分程度であること、格子定数は窒化ケイ素ではいずれの軸も膨張するが、SiAlON では両相ともに a 軸が伸び c 軸が縮むことを明らかにしている。さらに、いずれの材料にも大きな欠陥クラスターは存在しないことを明らかにしている。

第 3 章 “Recovery behavior of neutron irradiated  $\alpha$ - and  $\beta$ -SiAlON ceramics by thermal annealing up to 1473 K”（ $\alpha$  および  $\beta$ -SiAlON セラミックスの 1473 K までの熱処理による回復挙動）では、高精度の熱膨張計を用いて  $\alpha$  型および  $\beta$  型 SiAlON の等時および等温熱処理による長さの回復挙動、すなわち欠陥の回復挙動を詳細に検討している。その結果、いずれも 1473 K までの熱処理によりほぼ照射前の長さに回復するが両相で回復の挙動が異なること、回復の活性化エネルギーは低温域に比べ高温域では高いこと、さらに、 $\alpha$  型の方が相対的に高い値を示すことを見出している。

第 4 章 “Analysis of recovery process of low-dose neutron irradiation-induced defects in silicon nitride ceramics by thermal annealing”（低線量で中性子照射された窒化ケイ素セラミックスの回復過程の検討）では、第 3 章と同じ手法により、 $\alpha$  型および  $\beta$  型窒化ケイ素の回復挙動を詳細に検討している。その結果、いずれも 1473 K までの熱処理によりほぼ照射前の長さに回復するが両相で回復の挙動が異なること、高温域では活性化エネルギーが高いこと、さらに、 $\alpha$  型の方が相対的に高い値を示すことを見出している。SiAlON の回復挙動と比較して、両セラミックスの  $\alpha$  型同士、また  $\beta$  型同士が類似の挙動を示すことを指摘し、その結果に基づき、回復に関与する欠陥種について結晶形態の違いに基づき推定している。

第 5 章 “Microstructure of low-dose neutron irradiated silicon nitride-related ceramics after thermal annealing”（窒化ケイ素系セラミックスの熱処理による微構造変化）では、第 2～4 章で評価した窒化ケイ素系セラミックスについて、照射後熱処理を施した試料の微構造観察を行っている。その結果、いずれの試料においても 1223 K から 1473 K の条件で熱処理を行っても、粒内に転位ループは観察されず、また、粒界にボイドや微小クラックが観察されないことを明らかにしている。これらの結果に基づき、本研究の中性子照射条件では、フレンケル欠陥のみが導入され、それらは 1473 K までの熱処理により、二次集合欠陥を形成することなく空孔—格子間原子の再結合消滅により回復すると述べている。

第 6 章 “Conclusion”（結言）では、本研究で得られた成果を総括し、結論としている。

これを要するに、本論文は核融合炉材料として期待される 4 種の窒化ケイ素系セラミックスの中性子照射効果に関して、照射後のスウェリングおよび格子定数変化、および熱処理による欠陥の回復挙動を詳細に検討し、これらのセラミックスの中性子照射環境への適用性を明らかにしたもので、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。