MgAl₂O₄ スピネル中のイオントラックの構造解析

九州大学大学院工学研究院 山本 知一 安田 和弘 松村 晶

Fig. 1 350 MeV Au イオン照射した試料の明視野像. (a) オーバーフォーカス条件, (b) アンダーフォーカス条件. 照射量, 5×10^{15} ions/m². 350 MeV Au イオンに対する電子の阻止能は 34 keV/nm.

Fig. 2 [001]方向から観察したイオントラックの高分解能像.

Fig. 3 (a) 未照射試料および(b) 照射試料の HARECXs プロファイル.

Fig. 4 イオントラックの構造の模式図.

MgAl₂O₄ スピネルは耐照射損傷性に優れる酸化物結晶であり, 岩石型プルトニウム燃料やマイナーアクチノイド元素の核変換処理を行うための不活性母材として期待されている. このような環境において, MgAl₂O₄ スピネルは核分裂片による照射を受け, イオントラックと呼ばれる柱状の照射欠陥が高密度電子励起より形成される. 本研究では, MgAl₂O₄ スピネル中に形成されるイオントラックの構造を明らかにすることを目的として, 高速重イオン照射した MgAl₂O₄ スピネルの高分解能観察および高角度分解電子チャネリング X 線分光法(HARECXs)によるイオン配列の解析を行った⁽¹⁾⁽²⁾.

Fig. 1 は, 350 MeV Au イオン照射を行った試料の明視野像であり, ドット状のコントラストが個々のイオントラックに相当する. イオントラックは位相コントラストを呈しており, イオンの飛跡に沿って原子数密度が低下していると考えられる. Fig. 2 は, エネルギーフィルターを搭載した超高压電子顕微鏡を用いて撮影したイオントラックの高分解能像である. イ

オントラックの中心からおよそ 1 nm の領域に周囲と異なる格子像が現れており, この格子像の出現は原子数密度の低下もしくは空位を含む NaCl 構造への相変態に起因するものと考えられる. Fig. 3 は, 未照射試料および照射試料の HARECXs プロファイルであり, 照射に伴うプロファイルの変化は陽イオン配列の不規則化を意味している. プロファイルの解析より見積もられた不規則化領域の大きさは直径 10 nm 程度である. 以上より, 350 MeV Au イオンにより形成される MgAl₂O₄ スピネル中のイオントラックの構造は Fig. 4 のようにまとめることができる.

文 献

- (1) K. Yasuda, T. Yamamoto, M. Shimada, S. Matsumura, Y. Chimi and N. Ishikawa: Nucl. Instr. Meth., B **250** (2006), 238–244.
- (2) 安田和弘, 山本知一, 島田幹夫, 松村 晶: 顕微鏡, **41** (2006), 150–155.

(2008年 7月28日受理)

High Resolution Observation of MgAl₂O₄ Irradiated with 350 MeV Au ions; Tomokazu Yamamoto, Kazuhiro Yasuda, Syo Matsumura (Department of Applied Quantum Physics and Nuclear Engineering, Kyushu University, Fukuoka)

Keywords: MgAl₂O₄, ion track, swift heavy ion irradiation

Irradiation condition: Tandem accelerator of JAEA, RT, 350 MeV Au, 5×10^{15} ions/m², TEM specimen preparation: dimpling and ion-milling, TEM utilized: JEOL-1300NEF (1000 kV) for HRTEM observation, FEI Tecnai 20 (200 kV) for High Angular Resolution Electron Channeling X-ray Spectroscopy (HARECXs)