

高速重イオン照射したスピネル結晶中のイオントラック構造とイオン配列
Atomic Structure and Ion Distribution in Ion Tracks in Spinel Irradiated with
Swift Heavy Ions

安田 和弘¹⁾、山本 知一¹⁾、川副慎治¹⁾、椎山 謙一¹⁾、松村 晶¹⁾、
石川 法人²⁾

Kazuhiro YASUDA, Tomokazu YAMAMOTO, Shinji Kawasoe, Kenichi SHIYAMA, Syo MATSUMURA,
Norito ISHIKAWA

¹⁾九州大学 工学研究院 ²⁾原子力機構 東海研究センター

長寿命核種消滅処理用母材および不活性燃料母相として期待されているマグネシア・アルミネート・スピネル (MgAl_2O_4) に 200 MeV Xe イオン照射を行い、照射試料の微細構造を透過型電子顕微鏡により観察・分析した。イオントラックにより誘起される陽イオン不規則化を断面試料を用いて電子的阻止能の関数として評価した。

キーワード：長寿命核種消滅処理、不活性岩石型 Pu 燃料、酸化物セラミックス、不規則化、イオントラック、電子顕微鏡

1. 目的

長寿命放射線核種の核変換処理用不活性母相材料や余剰プルトニウム削減のための不活性燃料母相として、マグネシア・アルミネート・スピネルや安定化ジルコニア等の酸化物セラミックスが有力候補となっている。これらの材料中で生成する核分裂片は、20 keV/nm 程度までの高密度電子励起を材料に付与し、イオントラックを形成する。我々は、これまでイオントラックの詳細な構造と陽イオン配列の不規則化の相関を透過型電子顕微鏡法により調べてきた。本報告では、200 MeV Xe イオンを照射によって誘起されるイオントラックの構造ならびに陽イオン配列の不規則化領域のサイズを、断面法によりイオン侵入深さの関数として調べた結果を述べる。得られた結果の解析から、不規則化領域サイズの電子的阻止能依存性 ($S_e[\text{keV/nm}]$) を明らかにした。

2. 方法

試料は、ほぼ定比性を有する $\text{MgO}\cdot 1.1\text{Al}_2\text{O}_3$ スピネル単結晶試料を用いた。厚さ 600 μm の板状試料の片面を鏡面仕上げした。この薄膜試料に日本原子力開発研究機構のタンデム加速器を用いて 200 MeV Xe イオンを最大 1×10^{17} ions/ m^2 の照射量まで室温にて照射した。照射後の試料に対してイオンの侵入方向に沿った観察・分析が行えるように断面法により薄膜試料を作製した。この試料を九州大学超高压電子顕微鏡室の透過型電子顕微鏡を用いて微細構造観察および角度高分解能電子チャンネルング x 線分光法 (HARECXs 法) によるイオン配列の定量評価を行った。

3. 結果および考察

断面法にて作製した試料に HARECXs 法を適用し、イオン配列変化を電子的阻止能の関数として定量評価した。イオン配列の不規則化は、約 10 keV/nm の電子的阻止能の付与により現れた。 S_e 値の増加により円柱形と仮定した陽イオン配列の不規則化領域のサイズは単調に増加し、 $S_e=30$ keV/nm の場合において直径約 10 nm となった。不規則化が現れる S_e 値は以前に求めたイオントラックが形成される閾値にほぼ等しいことも明らかになった。