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 SHIIYAMA, 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 イオンおよび 340 MeV Au 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。イオントラックが重畳して形成される場合の陽イオン配列変化について評価した。

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 イオンおよび 340 MeV Au イオンを照射すにより誘起されるイオントラックが重畳して形成されるような高照射量条件における陽イオン配列変化を明らかにすることを目的とした。

２．方法

試料は、ほぼ定比性を有する $MgO{\cdot}1.1Al_2O_3$ スピネル単結晶試料を用いた。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 および 340 MeV Au イオンを最大 $1x10^{17}$ions/m^2 の照射量まで室温にて照射した。照射後の試料を薄膜化し、九州大学超高圧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リング 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

200 MeV Xe イオンを 1.0×10^{17} ions/m^2 の照射量まで照射した $MgAl_2O_4$ では、線状の歪みコントラストが試料全体に不均一に観察され、1 つ 1 つのイオントラックに相当するコントラストは識別されなかった。すなわち、イオントラックが重畳して形成される照射量では、低照射量の場合とは異なって、１つの入射イオンから直接形成されたと考えられるイオントラックは観察されなかった。同様にイオントラックが重畳する照射量に相当する 340 MeV Au イオンを照射した $MgAl_2O_4$ のイオン配列を評価すると、Al および Mg イオンは単純な位置交換（4 面体位置⇔8 面体位置）ではなく、4 面体位置から 8 面体位置を優先的に占有するよう移動していることが明らかになった。