

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⁾、椎山 謙一¹⁾、松村 晶¹⁾、石川 法人²⁾

Kazuhiro YASUDA, Tomokazu YAMAMOTO, 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不活性母材として期待されている定比性および不定比性マグネシア・アルミネート・スピネル単結晶 ($\text{MgO}\cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$, $n=1, 2.5$) に 200 MeV Xe イオン、および 350 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法により観察した。

キーワード：長寿命核種消滅処理、酸化物セラミックス、照射損傷、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。これらの材料中では、核分裂によって 70~100 MeV のエネルギーを有する核分裂生成物が生成される。このような高いエネルギーを持つ重イオンの電子的阻止能は 10 keV/nm 以上となり、材料中にイオントラックと呼ばれる柱状の照射欠陥を形成する。本研究では、微細構造変化に及ぼす非化学量論組成の効果、ならびに高線量照射により導入されるイオントラックの重畳効果を明らかにすることを目的とし、マグネシア・アルミネート・スピネル結晶中のイオントラックの構造の微細構造を高分解能電子顕微鏡法により観察した。

2. 方法

試料は、定比性を有する $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ スピネル単結晶試料、および $\text{MgO}\cdot 2.5\text{Al}_2\text{O}_3$ の組成を持つ不定比性スピネル単結晶試料を用いた。直径 3 mm, 厚さ 0.1 mm の試料から電子顕微鏡観察可能な薄膜試料に加工したもの、および直径 8 mm, 厚さ 0.6 mm のバルク状試料を用いた。照射量は、 $1.0\times 10^{15}\sim 4.0\times 10^{17}$ ions/ m^2 とし、高線量までの照射にはバルク状の試料を用いた。(001)面とした。これらの試料に、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 イオンおよび 350 MeV Au イオン照射を室温にて行った。照射後の試料に対して九州大学超高压電子顕微鏡室の JEM4000EX 及び JEM3200FSK を用いて微細組織観察を行った。

3. 結果および考察

350 MeV Au イオンを照射した $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 結晶には、イオン飛跡に沿って数珠状に連なる位相コントラストが観察された。200 MeV Xe イオンを照射した $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ 結晶においては、同様の位相コントラストはイオンの入射表面のみに観察されている。このよう位相コントラストの形成は、結晶中の原子密度の低下によるものと考えられ、電子的阻止能の違いに起因するものと考えられる。高照射量まで照射した試料 (10^{17} ions/ m^2 では一領域に対してイオンが数回通過したことに相当する) において、イオントラックのオーバーラップによる微細構造変化を現在、透過電子顕微鏡法により調べている。試料作製時における付加的な損傷の影響等を含めて、非晶質化の有無などに関する解析を行なっている。