

蛍石構造酸化物中のイオントラック構造と微細組織発達 (2) 電子的阻止能依存性

Structure of ion tracks and microstructure evolution in fluorite-type oxide

(2) dependence on electronic stopping power

*永石大誠¹, 高木聖也¹, 安田和弘², 松村晶², 石川法人³

¹九州大学大学院工学府, ²九州大学工学研究院,

³日本原子力研究開発機構原子力基礎工学研究センター

100 MeV Kr イオンを照射した CeO₂ 中のイオントラック構造を透過型電子顕微鏡法により観察した。イオントラックは直径約 1.3 nm のフレネルコントラストとして観察され、重畳に伴う回復影響領域は直径 6.7 nm と評価された。これらの値は 200 MeV Xe イオンの結果と比べて小さいことが明らかになった。

キーワード: 蛍石構造酸化物, 核分裂片, 高密度電子励起損傷, イオントラック, 透過型電子顕微鏡

1. 緒言

イオントラックの構造とその重畳に伴う転位組織等の微細組織発達は電子的阻止能(S_e)に依存すると考えられている。我々は、これまでに 200 MeV Xe イオン ($S_e=27$ keV/nm) を照射した CeO₂ 中のイオントラックを透過型電子顕微鏡法により観察し、イオントラックがフレネルコントラストとして観察される原子密度の低い中心領域 (直径 2.2 ± 0.1 nm) を有することを示した。高密度電子励起損傷が重畳する高照射量 ($>1\times 10^{12}$ cm⁻²) ではイオントラックの形成と回復が平衡し、イオントラック中心領域 (フレネルコントラスト) を回復させる領域 (回復影響領域) は中心領域の大きさよりも十分に大きいことを報告した。本研究では核分裂片を模擬した 100 MeV Kr イオン ($S_e=17$ keV/nm) を照射した CeO₂ 中のイオントラック構造を透過型電子顕微鏡法により観察し、イオントラック構造と微細組織発達に及ぼす電子的阻止能値の効果を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

CeO₂ 焼結体に日本原子力研究開発機構のタンデム加速器を用いて 100 MeV Kr⁸⁺ イオンを室温にて照射した。照射量は 1×10^{11} ~ 1×10^{15} cm⁻² であり、高密度電子励起損傷が孤立して形成される低照射量から多数重畳する高照射量を含む範囲とした。照射試料から電子顕微鏡用薄膜試料を作製し、九州大学超顕微解析研究センターにて 200k V にて微細組織観察を行った。

3. 実験結果

100 MeV Kr イオンを照射した CeO₂ 中のイオントラックは、200 MeV Xe イオン照射と同様にフレネルコントラストとして観察された。しかしながら、その直径は 1.3 nm であり、イオントラック中心領域の大きさは電子的阻止能と共に減少することが分かった。また、イオントラック密度は低照射量では照射量に比例して増加し、 3×10^{12} cm⁻² 以上の高照射量域で飽和した。低照射量の密度は照射量よりも低くなっており、イオントラック形成効率は 1 以下であった。得られたイオントラック蓄積過程を形成効率ならびに回復を考慮したモデルにより解析したところ、100 MeV Kr イオン照射に対するイオントラック形成効率は 0.3、回復影響領域の直径は 6.7 nm と評価された。これらの値は、200 MeV Xe イオン照射に対する形成効率 (0.6)、回復影響領域の直径 (13 nm) に比べて小さく、電子的阻止能の減少に伴って減少するということが明らかとなった。