

鉄基合金におけるカスケード損傷の可視化と定量化

Visualization and quantification of cascade damage in iron-based alloys

*村上 健太¹, 陳 東鉞², 陳 良², 阿部 弘亨², 関村 直人², 鈴木 雅秀¹

¹長岡技術科学大学, ²東京大学

中性子照射による不連続なナノ構造発達を定式化するために、イオン加速器結合型透過電子顕微鏡を利用して、カスケード損傷の可視化技術に取り組んでいる。本稿では、純鉄に入射エネルギーの異なるタングステンイオンを照射することによって観察可能な欠陥集合体を形成する手法を紹介する。

キーワード: 照射劣化, カスケード損傷, イオン照射

1. 研究の背景

原子炉圧力容器 (RPV: reactor pressure vessel) が受ける中性子束は比較的小さいことから、RPV 材内において、異なるカスケード損傷で形成された可動型の照射欠陥 (FMD: freely-migrating defect) 同士が相互作用することは稀である。従って、中性子が一回材料中の原子に衝突した際に形成される「ひとまとまり」の照射欠陥の挙動が、溶質原子クラスターなどのナノ構造発達に大きな影響を与える。

中性子照射における一次はじき出し原子 (PKA: primary knock-on atom) を入射イオンで模擬するイオン加速器結合型透過電子顕微鏡法 (*in-situ* TEM) は、面心立方金属のカスケード損傷可視化に多くの実績を有する手法であったが、RPV 材のような鉄基合金への適用例はほとんどないことに加え、結果に影響を与える因子が多岐にわたっており定量化が難しいという課題があった。そこで cascade collapse (カスケード損傷後に TEM で可視化可能な空孔集合体が形成される現象) に着目し、複数の照射実験を同一試料に対して実施することで定量化する手法に挑戦している。

2. 実験

東京大学・重照射損傷研究設備の *in-situ* TEM を使用して、同一の試料に対して 0.6, 1.1, 1.5 MeV の W イオンを 10^{14} ions/m²s 程度のフラックスで順番に照射した。試料は Fe (4N) と Fe-1.4wt.%Mn を使用し、室温で照射しながら $g=[110]$ の明視野像で動画 (25 fps) を取得し、black dots の形成(cascade collapse に対応する)、black dots の一次元運動、消失をそれぞれ計測した。

3. 結果

図 1 は、入射イオン当たりの black dots の形成数を示している。ほとんどの black dots は 1 frame の間に形成され、その後に有意なサイズの成長は示さなかった。積算損傷量が実験終了時点で 10 mdpa 程度であることも加えると、black dots の大半はカスケード損傷後に直接形成されたものと見なせる。現在までの観察結果から、Black dots の形成効率には有意な照射量依存性は見られず、入射エネルギー依存性に加えて、溶質原子の依存性があることが示唆されている。詳細は発表時に報告する。

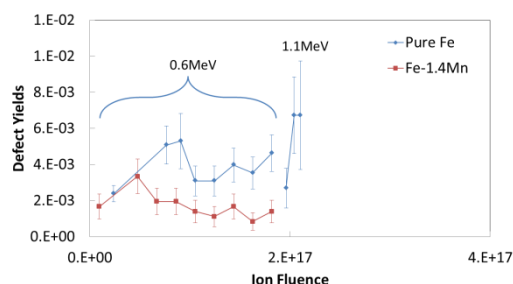


図 1 欠陥形成効率の照射量依存性 (速報)

*Kenta Murakami¹, Dongyue Chen², Liang Chen², Hiroaki Abe², Naoto Sekimura² and Masahide Suzuki¹

¹Nagaoka University of Technology, ²The University of Tokyo