イオン照射その場電顕観察法によって初めて捉えられた照射欠陥の高速運動

東京大学原子力研究総合センター 阿部 弘 亨*

東京大学大学院生 田所 忠 泰**

東京大学大学院工学系研究科 Yunmin Yang*** 関村 直 人***

Fig. 1 240 keV Cu⁺ イオン照射下における欠陥の高速運動過程. (各写真の時間間隔は 1/30秒)照射温度: 820 K.

Fig. 2 同時に出現した欠陥の距離(L)と出現効率の照射時間依存性. (実験条件は Fig. 1 に同じ)

原子炉材料の損傷評価やイオン注入相形成においては、照射より導入される格子欠陥が重要な意味を持つ。特に数十から数百 keV のエネルギー領域ではカスケードと呼ばれる点欠陥の密集領域が形成され、これが二次欠陥形成に大きく影響する。最近我々は加速器結合型電子顕微鏡を用いたその場観察実験によって、高速運動する欠陥集合体を見出すことに成功した。

Cu 電顕試料に対して、温度 570 から 1070 K にて 100 keV C⁺ から 900 keV Xe³⁺ の種々のイオン照射による組織変化を弱ビーム暗視野法でその場観察によりサイズ 10 nm 程度の照射欠陥を確認した。出現頻度はビーム電流に対応しており、即ちカスケードに起因したものであった。これらの欠陥は転位ループおよび積層欠陥四面体であり、継続照射によって寿命 0.1 から 10 s 程度で消滅した。このうち寿命が短い格子間原子型クラスタの中には、Fig. 1 に示すように(1)

Fig. 3 同時に出現した欠陥分布の角度(θ)依存性. 45, 85, 160度付近に観察されるピークは110投影方向に対応する. (実験条件は Fig. 1 に同じ)

カスケード形成の瞬間に高速運動し 20~150 nm 離れた場所で格子間原子型転位ループとして安定化するものと、(2)一旦ループとして形成された後、可能クラスタへと変化し 20~100 nm の長距離を高速運動するものが観察された。欠陥の寿命、移動距離(Fig. 2)、移動方向の異方性(Fig. 3)から、欠陥がクラウドイオン方向に一次元運動したものであることが強く示唆される。カスケードから形成される可動欠陥は分子動力学計算から予見されているが実験的に確認されたのは初めてである。

文 献

- (1) H. Abe, Y. Yang and N. Sekimura: J. Nucl. Mater., (2003), in press.

(2003年 8 月21日受理)

In-situ Observations of Mobile Defect-Clusters in Copper under Ion Irradiations; Hiroaki Abe*, Tadayasu Tadokoro**, Yunmin Yang***, Naoto Sekimura*** (*RCNST, University of Tokyo, Tokai. **Graduate Student, School of Engineering, University of Tokyo, Tokyo. ***School of Engineering, University of Tokyo, Tokyo)

Keywords: transmission electron microscopy (TEM), crowdion, cascade, glissile, sessile, dislocation loop

TEM specimen preparation: electrochemical polishing (electrolyte; nitric acid: methanol = 1 : 3; 10 V, 277 K) TEM utilized: JEM-4000FX (400 kV) interfaced with accelerators