

東京大学大学院工学系研究科 総合研究機構 第1回「次世代電子顕微鏡法」講演会

2020年12月23日 14:00 – 15:30 オンライン開催



金属における格子欠陥の動的挙動の TEM その場観察

荒河 一渡

島根大学 次世代たたら協創センター (NEXTA)

結晶格子欠陥（点欠陥、点欠陥集合体、転位等）は、様々な極限環境（核融合炉等の高エネルギー粒子照射環境、水素貯蔵材料等の高圧水素環境、航空機ジェットエンジン等の高温環境等）における金属材料挙動をしばしば支配する極めて重要な因子である。しかし、比較的単純な系である高純度金属においてすら、格子欠陥の構造と動的挙動には未解明な点が多い。

我々は、主に超高圧電子顕微鏡およびイオン加速器結合型電子顕微鏡を用いた TEM その場観察法を駆使して、欠陥の動的挙動に関する新たな知見を得てきた（たとえば、[1]）。本講演では、我々の最近の成果のうち、ナノメートルサイズの「重い」欠陥の量子拡散に関する成果[2]等について紹介する。また、そのような研究を深化させる上で開発が必要と思われる次世代電子顕微鏡について私見を述べたい。

材料中の原子や欠陥の移動頻度の温度依存性は、約1世紀前にスウェーデンのアレニウス博士が定式化した「アレニウスの法則」によって記述される。アレニウスの法則によれば、温度の低下とともに、移動頻度は急激に低下して低温ではほぼゼロになる。すなわち、低温では拡散は起こらなくなる。一方で、水素等の極めて軽い原子だけは、低温でも、移動頻度がゼロにならない、すなわち拡散が起こることが知られている。この現象は、量子力学によって説明されるものであり、「量子拡散」と呼ばれる。

本研究では、超高圧電子顕微鏡による電子照射場を利用して、タングステンという、水素の184倍の質量を持つ元素からなる金属において、ナノメートルサイズの欠陥の低温での量子拡散が起こることを世界で初めて実証した（図1,2）。

[1] K. Arakawa et al., *Science* **318**, 956-959 (2007).

[2] K. Arakawa et al., *Nature Mater.* **19**, 508-511 (2020).

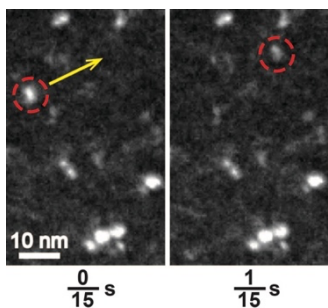


図1. タングステンにおける低温での欠陥の動きを直接捉えた超高圧電子顕微鏡写真。黒い背景に対する白い粒状コントラストは、欠陥「転位ループ」の像。

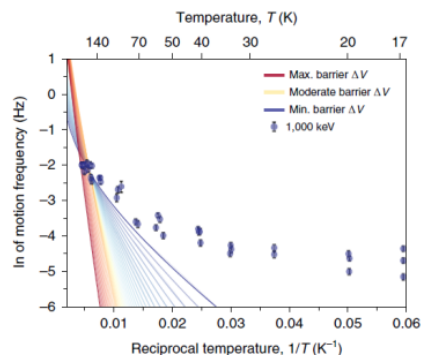


図2. 欠陥の移動頻度の温度依存性。ドットは観測された値を、複数の線は欠陥移動が熱エネルギーによって起こるとした場合の理論値を示す。低温域での移動頻度は、熱エネルギーで起こる移動頻度よりも桁違いに高いことがわかる。



東京大学
次世代電子顕微鏡法
社会連携講座

主催: 「次世代電子顕微鏡法」社会連携講座
e-mail: info@ngem.t.u-tokyo.ac.jp