

原子分解能電子顕微鏡法の新展開

(東大総合¹・JFCC²・東北大 AIMR³) ○幾原 雄一^{1,2,3}

New Development of Atomic Resolution Electron Microscopy and Its Application (¹*Institute of Engineering Innovation, University of Tokyo*, ²*Nanostructures Lab., Japan Fine Ceramics Center*, ³*Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University*) ○Yuichi Ikuhara,^{1,2,3}

With the development of scanning transmission electron microscopy (STEM) using aberration correction, the atomic structures of interfaces in materials, and even individual single-atom columns, can be identified not only by their positions, but also by local composition and electronic states. In this presentation, we apply this new method to the observation and analysis of grain boundaries and interfaces of various ceramic materials, and introduce the essential understanding of the material design guidelines and the mechanism of functional properties.

Keywords : Aberration corrector, STEM, Grain boundary, Segregation, Dislocation

収差補正を用いた走査透過電子顕微鏡法(STEM)の登場により、材料中の界面の原子構造、さらには単原子カラム一個一個について、その位置や元素の識別のみならず、局所的な組成や電子状態の解析までもが可能となっている。また、電子顕微鏡内での精密応力印可や電子ビームの制御により、材料の破壊・変形や拡散などの動的な現象を高分解能で直接観察することも可能になってきている。たとえば、セラミック材料に種々のドーパントを微量添加するとその機械的特性や電気的特性が大きく変化するが、その原因や特性変化のメカニズムは不明であった。そこで我々は、収差補正 STEM 法をセラミックス界面の観察に適用し、ドーパントの偏析サイトを明らかにするとともに、原子分解能 EDS や EELS を併用して、偏析元素種の特定やその電子状態を計測することに成功している。これらの結果を、第一原理計算の結果と比較することで、ドーパントのメカニズムを解明することが可能となる。一方、材料の信頼性、寿命特性などを定量的に把握するためには、材料の破壊や変形の素過程を本質的に理解する必要がある。そこで、(S)TEM 内でのその場 (*in-situ*) 観察・評価技術が破壊および変形の素過程の観察に有用となる。我々は、TEM 内に高精度のナノインデンテーションを組み込みこむことで、転位運動の素過程、転位と粒界との相互作用、亀裂先端からの転位放出、粒界移動の素過程、双晶転位の運動など、これまでブラックボックスであった素過程を明らかにしてきた。本講演では、上述した収差補正 STEM 法を駆使し、これまでブラックボックスであった種々の材料現象の解明に取り組んできた結果について述べるとともに、MEMS 技術を導入した TEM ホルダーの開発と破壊・変形過程の原子レベル直接観察結果についても合わせて紹介する。