

【特別推進研究】

理工系（工学）



研究課題名 原子・イオンダイナミクスの超高分解能直接観察に基づく新材料創成

東京大学・大学院工学系研究科・教授 **いくはら ゆういち**
幾原 雄一

研究課題番号：17H06094 研究者番号：70192474

研究分野：工学

キーワード：原子・電子構造評価

【研究の背景・目的】

材料・デバイスのマクロな特性は、その内部に形成された界面、表面、点欠陥などのナノレベルの微細構造（ナノ構造）と密接に関連している。したがって、革新的な高機能・高性能材料を創出するためには、ナノ構造と機能発現の本質的メカニズムを解明し、その知見に立脚した材料設計を行う必要がある。材料内部に局在するナノ構造を解明するためには、原子分解能走査透過型電子顕微鏡（STEM）が非常に有効であるが、現状は静的な観察に留まっており、各種機能が発現するダイナミックな環境下での直接観察までには至っていない。

そこで本研究では、最先端原子分解能 STEM 法を、材料内部の超マイクロ現象の動的観察手法へと大きく進化させ、材料ナノ構造形成、機能発現の原子・イオンダイナミクスを可視化することを目指す。具体的には、構造材料、機能セラミックス、触媒、電池など、材料内部のナノ構造とそれに伴う原子・イオンダイナミクスが機能特性発現の鍵となる材料群を対象とする。これより、原子・イオンダイナミクスの超高分解能直接観察に基づくナノ構造設計・制御指針を確立し、新物質・新材料開発の基礎・基盤学理を構築することを最終的な目的とする。

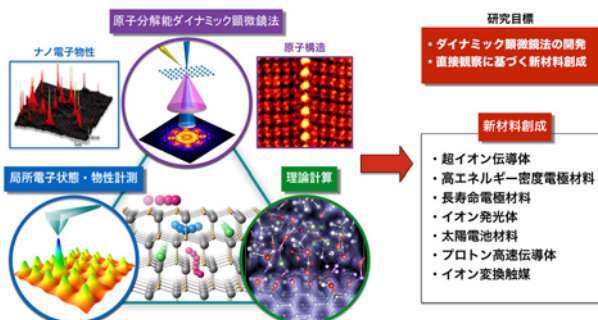


図1 本プロジェクトの概要

【研究の方法】

原子・イオンダイナミクスの直接観察を行うためには、原子分解能 STEM の時間分解能を飛躍的に向上させる必要がある。このため、電子プローブ高速スキャンシステムおよび高速電子検出システムを開発し、高速観察手法の確立を図る。また、実環境下にて発現する原子・イオンダイナミクスを STEM 内において再現するため、温度や荷重、電位といった試料環境が高度に制御できるその場観察用特殊試料ホルダーの開発を進める。開発の完了した装置を順

次投入し、高空間・高時間分解能での原子・イオンダイナミクス観察を実施する。観察結果に基づいて、STEM 分光法やプローブ顕微鏡を用いた局所物性測定、理論計算等を行い、原子・イオンダイナミクスと材料物性との相関性を明らかにする。上記手法を様々な材料系へ適用することにより、材料ナノ構造の原子・イオンダイナミクスの超高分解能直接観察に基づく物質・材料創成を目指す。

【期待される成果と意義】

材料ナノ構造における原子・イオンダイナミクスの直接観察が可能となれば、材料内部でどのようにナノ構造が形成され、機能を発現するのかに関する本質的な理解が可能となり、これまでブラックボックスであった材料開発領域に画期的な指針をもたらすことが期待できる。具体的には、材料ナノ構造のダイナミクスを利用した超高速イオン伝導体、高性能電池電極材料、超高強度セラミックス、高性能電子デバイスなど様々な材料分野に大きな波及効果を有すると考えられる。また、材料中の原子・イオンダイナミクスは、材料原料から部材、製品に至るあらゆるプロセスにおいて材料を本質的に支配する現象であり、その根本的理解を可能にする新たな計測手法が確立できれば、材料科学全般の広い分野に多大な波及効果をもたらすことが期待でき、学術上の意義も非常に高いと考えられる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ N. Shibata, S. D. Findlay, Y. Kohno, H. Sawada, Y. Kondo, Y. Ikuhara, "Differential Phase-contrast Microscopy at Atomic Resolution", *Nature Phys.* **8**, 611–615 (2012).
- ・ S. Kondo, T. Mitsuma, N. Shibata, Y. Ikuhara, "Direct observation of individual dislocation interaction processes with grain boundaries", *Sci. Adv.* **2**, e1501926-1-7 (2016).

【研究期間と研究経費】

平成 29 年度－33 年度 454,000 千円

【ホームページ等】

<http://interface.t.u-tokyo.ac.jp/japanese/ikuhara@sigma.t.u-tokyo.ac.jp>