

Abstract

Formation, 3D structures, and phase transitions of nanomaterials by in situ TEM

Molecular or atomistic mechanistic understanding of nucleation, growth, and structural changes of materials have not achieved enough at the nanoscale or below. It is mainly because of a lack of appropriate analytical methods that can obtain in-situ structural information with a spatial resolution at such small length scale along with sub-msec temporal resolution. The in situ, both in liquid phase and dry state, transmission electron microscopy (TEM) offers an opportunity to directly observe diverse classes of chemical reactions. Here we present application of in situ TEM to study nucleation of metallic crystals. We reveal that the early stage of crystal growth is driven by reversible transition between disordered and ordered phases before crystalline phase is stable above a certain size. It is also frequently observed that different types of non-classical pathway, including two-step nucleation, amorphous-to-crystalline transition, and coalescence of clusters, are heavily involved in different conditions of crystallization of materials. We also present a new development using liquid phase TEM to investigate 3D atomic structures of nanoparticles directly in the colloidal synthesis batch and their structural transitions when exposed in the reactive chemical environment.

분자 혹은 원자 수준에서 일어나는 핵 형성, 재료 성장, 구조 변화는 다양한 소재의 특성을 이해하는데 필수적인 주제이지만 핵심 과정이 일어나는 나노미터 스케일에서의 이벤트는 이해하기 어려웠다. 이는 나노미터 수준, 그리고 이러한 주요 이벤트가 일어나는 시간 범주인 밀리초 정도의 시공간 분해능을 갖는 분석 기법의 부재로 인한 문제로 볼 수 있다. 최근 들어 활발하게 개발 및 활용되고 있는 실시간 투과전자현미경은 이러한 어려움을 극복하고 다양한 종류의 재료 화학반응을 직접 관찰하는 방법론으로서 주목을 받고 있다. 이번 세미나에서는 여러 종류의 실시간 투과전자현미경을 활용한 예시들을 공유하고자 한다. 재료가 합성과는 과정 중의 가장 초기 단계라고 할 수 있는 재료의 핵 형성 과정에서 원자 수준의 전구체가 어떠한 역할을 하는지에 대한 실시간 관찰 결과 및 이를 통한 메커니즘을 제시하고자 한다. 또한 재료의 형성 및 상변화 시에 예상치 못했던 비고전적 메커니즘이 작용하는 것이 매우 중요함을 밝히고자 한다. 이와 더불어 실시간 투과전자현미경을 활용한 촉매 거동, 에너지 저장 및 전환 소재의 거동을 이해하는 연구 결과도 소개하고자 한다.