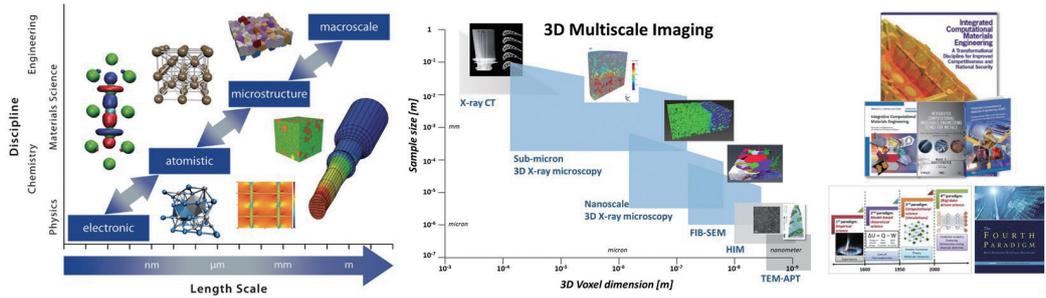


# 전자현미경 기반 다차원 정밀 분석 기술

## 트렌드

소재 공정-정밀분석-모델링-소재정보학 연계에 의한 미래 신소재·부품 개발 트렌드에 따른 소재의 다차원적인 정밀 분석 필요



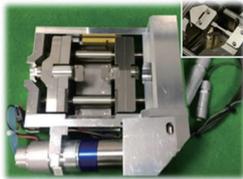
## 기술내용

주사전자현미경 기반 실시간 다차원 정밀 분석 기술 :

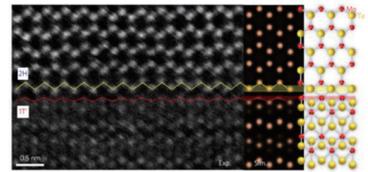
In-situ heating 및 tensile EBSD 분석 및 메조스케일 모델링(CP-FEM, Phase-field) 연계 해석 기술

투과전자현미경 기반 원자 및 물성 이미징 :

원자단위 이미징을 기반으로 하는 물성 해석에서 더 나아가 물성을 직접 시각화 할 수 있는 정밀 분석 기술

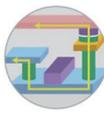


주사전자현미경 기반 실시간 EBSD 분석 장비



투과전자현미경 및 원자단위 이미징

## 응용분야

주요 적용처	개발내용
 FeRAM (Texas Instruments and Ramtron)	<ul style="list-style-type: none"> <li>차세대 에너지 및 정보통신산업에 적용 가능한 기능성 산화물계의 전자기 특성 분석 (메모리, 트랜지스터, 배터리 등)</li> <li>차세대 소재 개발을 위한 특성평가 및 소재 불량 원인 분석</li> </ul>
 MRAM	
 STT-MRAM	
 Additive manufacturing	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조용 신합금 설계 기반기술 개발을 위한 소재 고유 물성발현 기구 규명</li> </ul>
 Engine Piston	
 Turbine	

## 협력희망

소재 공정-모델링 연계 공동연구  
기술이전 (정밀분석 노하우/장치 개발 및 개선 등)

# 전자현미경 기반 다차원 정밀 분석기술

## 기술 개요

### 전자현미경(SEM/TEM)을 이용한 멀티스케일 다차원 정밀 분석 기술

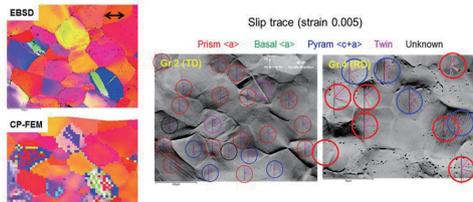
- 소재의 기계적, 전자기적 특성에 기인하는 결정구조 정밀 분석
- 전자빔홀로그래피 분석법, 위상차 분석법을 활용한 소재 내 strain, charge 등의 정성적, 정량적 정밀 분석
- 실시간 전자현미경 분석법을 적용하여 열, 힘, 전자기장 등의 외부 조건에 의한 소재의 물성 변화 정밀 분석
- FIB 기반 3차원 미세구조 분석
- 소재 공정-정밀분석-모델링 연계 신 연구방법론에 의한 정량적·메커니즘 기반 소재설계 기술 확보
- Nature Nanotechnology, Science 게재 등의 우수 연구 결과 발표

## 연구 개발 내용

### 핵심1 주사전자현미경 기반 실시간 다차원 정밀 분석 기술

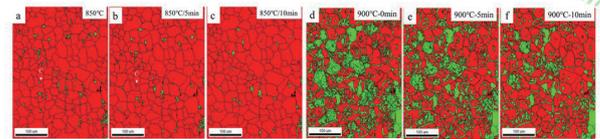
- 주사전자현미경(SEM, FIB) 기반 메조스케일 미세구조의 실시간 다차원 정밀 분석 기술.
- In-situ heating 및 tensile EBSD 분석 및 메조스케일 모델링(CP-FEM, Phase-field) 연계 해석 기술

▶ 실시간 변형 EBSD 분석: 변형에 따른 미세조직 변화와 CP-FEM 연계 해석



순수 Ti의 변형거동 실시간 EBSD 분석과 CP-FEM해석을 통한 활성화 슬립계 및 쌍정 해석 결과. Prismatic slip 변형 우선 작동 및 쌍정 variant selection 해석

▶ 실시간 가열 EBSD 분석: 온도에 따른 미세조직 변화 정밀 분석

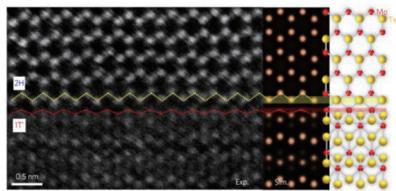


순수 Ti의 이상 영역에서  $\alpha \rightarrow \beta$  변태 및  $\alpha$  결정립 성장 과정 추적.  $\alpha$ 와  $\beta$  상 간의 방위관계 해석

### 핵심2 투과전자현미경 기반 원자 및 물성 직접 이미징

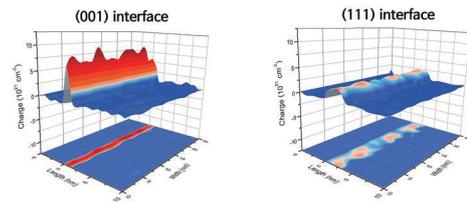
- 원자단위 이미징을 기반으로 하는 물성 분석에서 더 나아가 물성을 직접 시각화할 수 있는 정밀 분석 기술.
- 투과전자현미경 분석을 이용한 소재 내 전하, 분극, 자기구조의 정량분석 및 실시간 이미징 기술.

▶ 원자 이미징: 수차보정 투과전자현미경을 이용한 정확한 원자 구조 분석



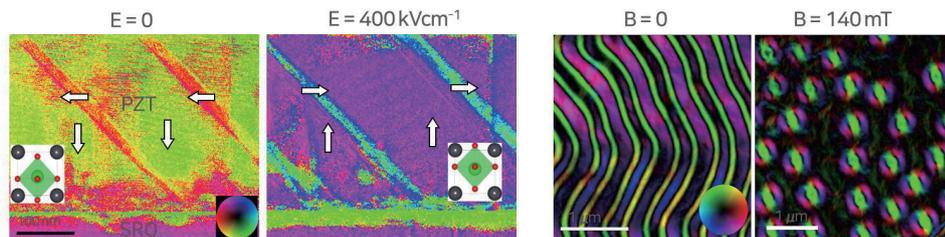
수차보정 투과전자현미경을 이용한 2차원 MoTe2의 구조 분석- 반도체 2H (hexagonal 결정구조)과 금속 1T' (distorted octahedral 결정구조)상의 계면 정밀 분석 결과. - Nature Nanotechnology (2017)

▶ 전자 이미징: 투과전자현미경의 전자빔 위상정보를 이용한 전자 이미징 및 정밀 분석



전자빔 홀로그래피 분석법을 적용하여 LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> 절연체 산화물 계면 구조에 따른 전자 밀도 정량분석 및 분포 이미징. - Nature Nanotechnology (2018)

▶ 전기·자기 구조 이미징: 전자빔 위상 변화를 이용한 소재 내 전기구조 변화 실시간 이미징



소재 내 전기장 분포에 따른 위상차 변화를 이용하여 인가 전기장에 의한 Pb(Ti,Zr)O<sub>3</sub> 강유전산화물의 분극방향 변화

소재 내 자기장 분포에 따른 로렌츠 힘의 변화를 이용하여 인가 자기장에 의한 Co<sub>2</sub>Z-type hexaferrite의 스커미온 스펀구조 실시간 이미징