

최근 TEM법을 이용한 전자재료의 구조 해석

Structure Analysis of Electromagnetic Materials Using Recent Transmission Electron Microscopy

박경수

삼성종합기술원 분석 Lab.

차세대 정보기기, 디스플레이, 광통신분야의 핵심부품 확보를 위해 청색반도체 레이저, 적색레이저 다이오드, PDP(Plasma Display Panel), 초고속 전송소자 등의 연구가 최근 선진국과 더불어 경쟁적으로 진행되고 있다. 이들 부품의 고성능화, 소형화, 경량화, portable화에 대응하기 위한 새로운 전자재료의 개발은 박막재료, 공정 및 단결정 제조기술에 의해 좌우된다 할 수 있다. 특히, 이들 재료들은 나노미터 영역에서의 원자배열 및 성분분포에 따라 다른 특성을 나타내고 구성재료들도 다양하므로, 보다 우수한 전자재료의 개발여부는 이들 미세구조를 얼마나 정밀하게 제조하고 얼마나 정확하게 분석하느냐에 달려있다고 하여도 과언이 아니다.

최근 각종 신소재의 구조분석에 유용하게 응용되고 있는 투과전자현미경(TEM) 분석법은 TEM 장비의 분해능 향상과 주변기기의 발달로 많은 발전을 이루었다. 그중에서도 세계최대의 고분해능 특성과 전자선 투과 특성을 가진 초고압·고분해능 전자현미경용 heating stage holder가 개발되어 온도변화에 따른 결정의 원자구조 변화를 원자 scale로 직접 관찰하게 되었다는 점이 주목된다. 또한, FE(Field Emission) 전자총 전자현미경을 이용한 나노영역 EDXS, EELS 분석과 energy filtering법에 의한 elemental mapping 기술은 TEM분석 한계를 넓히는데 큰 역할을 하고 있다. 그리고 고감도 IP (Imaging Plate), Slow scan CCD camera 기록매체를 이용한 디지털 전자현미경법은 TEM image의 새로운 기록과 해석기법으로 해외 전자현미경학회에서 많은 연구결과가 발표되고 있다.

TEM 분석에 있어서 시편제작은 국제 전자현미경학회에서도 가장 인기 있는 section이 될 만큼 실제 TEM 분석을 연구하고 있는 사람에게 가장 관심이 있는 분야가 아닐까 생각한다. 왜냐하면 시료의 정보를 충분히 반영한 TEM image를 얻기 위해서는 artifact와 오염이 적은 박막시료 제작이 매우 중요하기 때문이다. 최근 전자재료에 많이 응용되고 있는 TEM 시편준비 장비로는 ultramicrotome, FIB(Focused Ion Beam)장치, PIPS(Precision Ion Polishing System)를 들 수 있다. 우선, ultramicrotome은 유기, 금속, 무기재료가 복합되어 구성된 다층박막이나 초미립자 등의 구조분석용 단면제작에 유용하게 사용될 수 있다. 물론 보다 양호한 단면시편을 얻기 위해서는 embedding, trimming, sectioning시 artifact를 줄이기 위해 많은 주의를 필요로 하지만 비교적 짧은 시간내에 시편준비를 할 수 있고, 제작된 시편의 관찰 영역이 넓은 등의 장점이 있다. FIB는 30 KV로 가속된 Ga ion을 시료에 조사시켜 박막화된 부위를 SEM 처럼 확인하면서 제작하는 방법으로 이종물질로 되어 있는 계면이나 특정부위를 신속하게 박막화할 수 있다. 그러나, FIB법은 이온빔에 따른 시편손상과 EDS 분석의 정량精度 등의 문제점을 가지고 있고, 장비 가격이 고가이므로 아직까지는 국내에서 많이 보급되어 있지 않은 실정이다. PIPS는 이온빔 밀도가 높은 2개의 PIGs(Penning Ion Guns)을 저각도로 조사시켜 오염이 적고 박막화 영역이 넓은 시편을 신속하게 제작할 수 있는 특징이 있다. 또한, 시료의 교환이 간단하고, 사용 후 장비의 오염도가 적어 국내에서는 비교적 TEM 분석물량이 많은 반도체 제조분야에 많이 보급되어 있다.

본 강연에서는 삼성종합기술원 분석lab.에 있으면서 수행한 각종 전자재료의 TEM 분석결과 중에, 위에서 언급한 ultramicrotomy, FIB법, PIPS로 시편 준비하고 초고압·고분해능전자현미경(JEM-ARM 1250, 최대가속전압: 1250kV)법으로 구조분석한 결과를 중심으로 말씀드리고자 한다.