

투과전자현미경의 원리와 기능

이 후 철

서울대학교 재료공학부

우리의 눈이 식별할 수 있는 물체의 크기는 대략 200nm 정도라고 한다. 따라서 이보다 더 작은 물체를 식별하기 위하여서는 물체를 확대하여 볼 수 있는 다른 보조적 수단을 필요로 한다. 가장 간단한 보조수단은 확대경이라 할 수 있다. 즉 볼록렌즈를 이용하여 빛을 굴절시킴으로써 우리는 보다 확대된 상을 얻을 수 있다. 확대경을 두 개 이용하여 확대된 상을 다시 확대함으로써 우리는 좀 더 큰 배율의 확대된 상을 얻을 수 있으며 우리는 이러한 장치를 (광학)현미경이라고 한다. 두 개의 렌즈를 이용하여 우리는 대체로 1000배 정도의 확대된 상을 얻을 수 있다. 이보다 더 확대된 상을 얻기 위하여 렌즈를 세 개 이상 사용할 수도 있다. 그러나 실제로 광학현미경에서는 렌즈를 세 개 이상 사용하여 더 높은 배율을 얻는 경우는 없는데 그 이유는 분해능의 한계로 인하여 배율을 더 높여도 더 세밀한 정보를 얻을 수 없기 때문이다. 현미경의 분해능은 상을 형성하는 파동의 파장에 다음 식과 같이 비례된다. $\text{분해능} = 0.61\lambda / \mu \sin \alpha$, 따라서 광학현미경의 경우 λ (빛의 파장) = 400nm, n (매체굴절률) = 1.7 α (입사각) ~ 90 도인 경우 분해능은 대략 150nm 정도라고 할 수 있다. 따라서 이 보다 더 작은 물체를 관찰하기 위하여서는 보다 짧은 파장의 파동을 이용하여 상을 형성하여야 한다. 전자현미경에서 가속전압이 100 kV인 경우 전자의 파장은 0.0037nm로 빛의 파장의 100,000분의 일 수준으로 0.3 nm 정도의 좋은 분해능을 갖게 된다.

전자현미경에서는 이처럼 고배율의 상을 얻을 수 있을 뿐 아니라 전자가 갖고 있는 큰 에너지로 인하여 전자가 물체를 구성하는 원자와 충돌할 때 발생하는 특성 X-선을 이용하거나 또는 전자가 원자와 충돌할 때 잃게되는 에너지를 분석하여 물체가 어떤 원소들로 구성되어 있는지를 분석할 수 있으며 또한 전자가 결정체를 통과할 때 일어나는 회절 현상을 이용하여 그 물체가 어떤 결정구조를 가지고 있는지를 알 수 있는 소위 결정구조분석이 가능하다.

전자현미경의 이러한 분석들은 특히 1nm 이하의 아주 작은 영역에서 이루어 질 수 있다는 점에서 전자현미경은 물질 분석에 있어서 필수적 도구가 되었다고 할 수 있다.