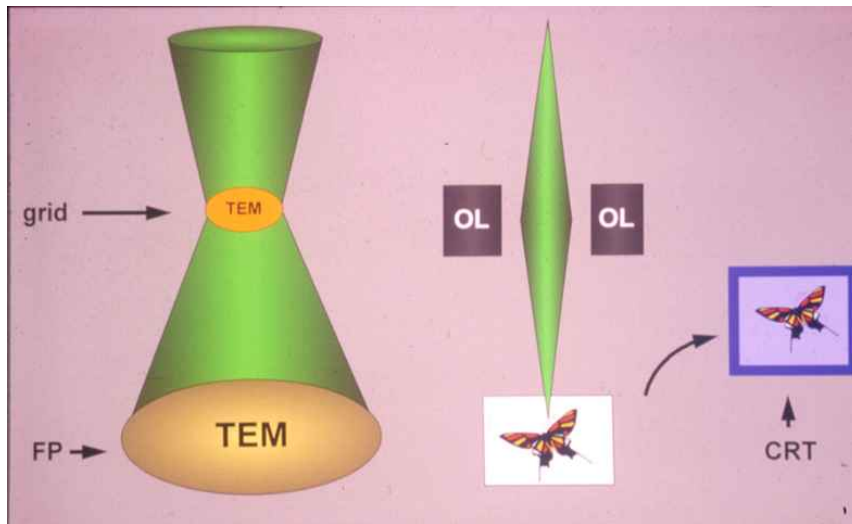


TEM & SEM의 원리

박창현 (고려대학교 의과대학)

생물체를 연구하는 데 사용하는 전자현미경 (electron microscope)에는 투과전자현미경과 주사전자현미경의 두 종류가 있다. 아래 그림 왼쪽에서와 같이 주로 세포나 조직의 내부구조를 관찰하기 위하여 시료를 얇게 잘라서 만든 단면을 전자로 투과한 후 형광판에 상을 만드는 것이 투과전자현미경 (transmission electron microscope; TEM)이고, 오른쪽 그림과 같이 시료의 겉 표면 또는 부러뜨린 내부구조를 입체적으로 관찰하기 위하여 시료표면에 전자를 주사하여 얻어진 상을 CRT (음극선관, 요즘 학생들의 표현으로는 모니터)에 영상화 시킨 것이 주사전자현미경 (scanning electron microscope; SEM)이다.



TEM

투과전자현미경은 광학현미경과 그 원리가 비슷하다. 전자현미경에서의 광원은 높은 진공 상태 (1×10^{-4} 이상)에서 고속으로 가속되는 전자선이다. 전자선이 표본을 투과하여 일련의 전기자기장 (electromagnetic field) 또는 정전기장 (electrostatic field)을 거쳐 형광판이나 CCD에 초점을 맞추어 투사된다. 이 전자의 파장은 가속전압에 따라 다르며 흔히 사용되는 전압 (100 Kv)에서의 전자파장은 0.004nm이다. 광학렌즈 대신 사용되는 자기장 (magnetic field)은 불완전하며 개구수 (numerical aperture)가 없다. 따라서 전자현미경의 이론적 분해능 (해상력)은 약 0.001nm이나 생물학적 표본에서 사용되는 분해능은 약 0.2nm (side entry), 0.14nm (top entry)이다.

최근에 고전압 (1,000Kv)을 사용하는 투과전자현미경이 개발되어 비교적 두꺼운 조직표본도 투과할 수 있게 됨으로써 관찰이 가능해 졌으며 우리나라에서도 가동중에 있다 (대덕의 기초과학지원연구원에 최초로 2003년에 설치).

전자현미경은 확대율과 해상력이 뛰어나 광학현미경으로 관찰할 수 없는 세포 및 조직의 미세한 구조를 관찰할 수 있으며, 단백질과 같은 거대분자보다 더 작은 구조도 볼 수 있다. 한편 이러한 특수구조를 설명하는 새로운 용어가 출현되기도 했다.

SEM

주사전자현미경은 보다 최근에 개발되었으며 투과전자현미경과는 다소 다르다. 주사전자현미경은 전자가 표본을 통과하는 것이 아니라 초점이 잘 맞추어진 전자선 (electron beam)을 표본의 표면에 주사시켜서 시료로부터 튀어나온 2차 전자를 모아서 검출한 후 여러 가지 복잡한 기계장치를 거친 후 CRT에 영상화시키는 전자현미경이다. 주사전자현미경의 특징은 초점이 높은 심도를 이용해서 비교적 큰 표본을 입체적으로 관찰할 수 있다는 것이다.

검출기는 scintillator라고도 하는데 scintillator로 검출된 2차 전자는 광전증배관으로 운반되어 여기서 신호가 증폭된 후 다시 video amplifier에서 영상신호 증폭을 거친 후 CRT에서 관찰하게 된다. 따라서 투과전자현미경은 얇은 시편 (60nm정도)을 beam이 투과하여 관찰하므로 2차적인 또는 단면적인 구조를 나타내지만 주사전자현미경은 시료 위를 주사된 상을 관찰하므로 3차원적인 입체상을 관찰할 수 있다.