

분과초청 6

STM과 AFM의 국산화 제작

김 풍 작

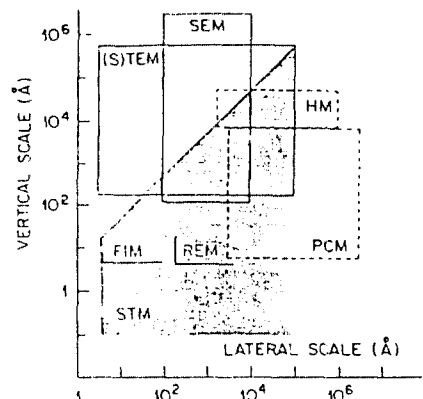
동일교역 주식회사 부설연구소

급격하게 발전하는 반도체 산업분야에서는 다른 분야보다도 월등하게 미세화, 즉 고집적화 되어가고 있다. 소자의 크기가 미세해지면 질수록 이를 측정, 분석할 수 있는 분석기기의 개발은 당연히 또한 절실하게 요구된다.

광학현미경은 근세로부터, 학문과 산업의 발달에 지대한 기여를 해왔다. 그러나 광학현미경은 가시광선의 굴절현상을 이용하고, 광학적 렌즈를 사용함으로써 인하여 그 해상도에 한계가 있다. 최적의 조건에도 Diffraction Limit 이하의 해상도는 가질수 없다(일상 수 Micron 정도). 이에 전자의 파동성을 이용한 전자현미경(SEM: Scanning Electron Microscope)이 근세기 전반기에 개발되었다. 전자현미경은 Source에서 생성된 전자를 전기적 또는 자기적 렌즈를 통하여 굴절, 집적하고 이를 전도성 시편위에 산란시키고 이 시편에서 나오는 2차전자, 전반사된 전자등을 선택하여 물체의 기하학적 구조를 측정한다. 이 현미경의 경우 그 해상도는 전자선의 초점에서의 크기, Space Charge 영향, 2차전자의 발생영역의 크기에 비례한다. 최적의 조건일 경우 그 해상도는 약 수백 Angstrom 까지 얻을 수 있다. 그러나 SEM은 수평해상도에 비해 수직해상도가 훨씬 뒤떨어지고 시료를 코팅해야 한다는 단점이 있다. TEM(Transmission Electron Microscopy)은 전자선을 이용하여 얇은 시료를 투과하는 전자선을 측정하여 그 상을 얻는데, 현재 초기 전자 에너지가 100-400[KeV]인 장비가 주종을 이루고, 특수시설에는 1[MeV] TEM을 보유하고 있다. 이 현미경은 여러 초점층을 사용하여 격자 상(Angstrom 해상도)을 얻을 수 있으나 시료가 특수하게 준비된 경우에만 가능하다.

STM(Scanning Tunneling Microscope)은 다른 현미경과 달리 양자역학적인 전자의 터널링 현상을 이용하기 때문에 표면의 구조를 원자적배율로 측정하는 것이 가능하다. 아래 그림은 현재 존재하는 현미경들의 해상도를 나타내고 있다. 그림에서 예시된대로 STM은 어떤 현미경보다 우수한 해상도를 가지고 있다. 원자를 직접 관찰할 수 있는 STM이 발명된 후 표면과학, Electrochemistry, 화학반응, 재료공학, 전자공학등에서 획기적인 진보를 가져왔다.

최근에는 원자상호간의 힘을 이용하여 표면을 분석하는 AFM(Atomic Force Microscope)이 발명되었다. 새로 발명된 AFM은 신호의 크기가 STM에 비해 월등히 커서 표면에 대한 자료를 얻기가 용이하고, Tip과 시료사이에 작용하는 원자간의 힘을 이용하므로 시료의 전도성에 관계없이 도체, 반도체, 자성체, 유전체등의 거의 대부분의 시료를 공기중에서 쉽게 관찰할 수 있다는 장점이 있고 심지어 생물학적 시료와 같이 부드러운 것도 관찰이 가능하다.

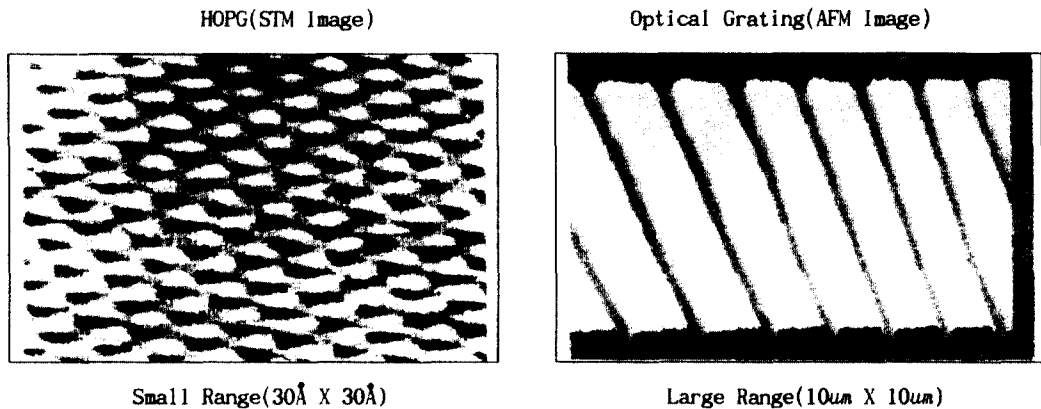


<그림 1> STM과 다른 현미경과의 비교
 HM : 광학현미경
 PCM : 위상차광학현미경
 TEM: Transmission Electron Microscope
 SEM: Secondary Electron Microscope
 FIM: Field Ion Microscope

STM은 매우 근접되어 있는 두 Electrode(Tip과 시료)사이의 영역에서의 전자의 양자역학적인 Tunneling 현상을 이용하는 장치이다. Tip은 시료에서 수 Å정도 떨어진 상태에서 시료의 한 영역을 주사하면, Feedback 회로를 통하여 Tip과 시료사이의 Tunneling 전류가 일정하게 유지된다. 이때, 일정한 전류를 유지하도록 Feedback 회로가 발생시키는 신호를 Data로써 컴퓨터에 기록하고 이 Data로 시료의 표면구조의 상을 그리게 된다.

AFM은 시료를 Scan하는 동안 시료의 원자와 Cantilever라는 아주 부드러운 스프링에 달려있는 Tip의 원자들 사이에 작용하는 힘은 Cantilever를 휘게한다. 따라서 이러한 Cantilever의 힘을 적절한 방법으로 측정하여 전기적인 신호로 변환한 다음, 이 신호를 Tip 과 시료사이의 거리를 일정 (Cantilever의 휨이 일정)하게 유지하도록 역피드백하면 시료표면에 대한 3차원적인 정보를 얻을 수 있다.

본 실험에서 제작한 STM과 AFM의 구성은 크게 컴퓨터 관련장치, 실제로 Scanning이 일어나는 Head, 그리고 Electronics의 3부분으로 나누어진다. 컴퓨터는 ADC와 DAC를 내장하고 있고 각종 정보를 기록하고 화면으로 나타낸다. Head는 Tip이나 시료를 상대적으로 움직일수 있는 Scanner와 Tip과 시료를 서로 접근시키기 위한 장치, Pre_Amp 그리고 방진장치로 구성된다. Electronics는 터널링 전류 또는 Cantilever의 휨을 정확히 제어할수 있는 역피드백(Negative Feedback)장치이다.



<그림 2> STM과 AFM의 Scanning Image

그림에서 보여 주는 바와 같이 작은 영역의 관찰이나, 큰 영역의 관찰에서 SEM TEM과 같거나 나은 해상도를 가짐을 알 수 있고, 이는 시편의 특수한 준비가 필요하지 않아 반도체 연구에서 박막의 두께, 계면, 표면의 구조, 소자의 구조연구등에 핵심장비로 사용될 수 있다.