

## 집속이온빔 크기의 최소화를 위한 Working distance 및 computer simulation.

김원, 이용문, 이우범, 강원준, 김송강, 최은하, A. L. Shabalin, 강승언  
광운대학교 물리학과 대전입자빔 연구실(CPBL)

### 1. 서론

집속이온빔(Focused Ion Beam) 장치는 표면 분석, IC의 수정, 마스크의 교정 및 미세 가공 등의 폭넓은 응용성으로 인해 80년대 중반부터 산업 현장 및 첨단 과학과 기술 연구 분야에서 사용되고 있다. 또한 FIB에서 사용되는 액체 금속이온원은 고전류밀도, 고선명도 및 낮은 에너지 퍼짐 등의 많은 장점으로 인해 고분해능의 이온빔 리토그래피와 선택적인 이온 주입 및 초미세 가공 기술 등의 중요한 핵심 이온원으로 연구되고 있다. 이러한 FIB 장치에서는 고전류밀도와 고선명도를 갖는 고 분해능의 빔을 얻기 위해 빔의 크기를 작게 하는 것이 가장 중요한 문제중의 하나이다. 따라서 본 실험에서는 FIB 장치의 성능을 궁극적으로 결정하는 이온빔의 크기를 working distance 차이에 따른 computer simulation의 결과와 실제 double lens를 이용한 system에서 측정된 결과를 비교 분석하였다.

### 2. 실험방법

그림 1.은 double lens를 이용한 FIB 장치의 개략도 이며 그림 2.는 빔의 크기를 측정하기 위한 전자 장비의 계통도이다. working distance 차이에 따른 빔의 크기를 측정하고자 CIV(Column Isolation Valve)에서 가능한 가장 근접한 거리에 시료대를 위치시켜 놓고 Z축상의 Motion Feedthrough를 사용하여 일정한 간격씩 내려 각각의 빔크기를 측정하였다. 이 때 칼날-가장자리(knife-edge)방법을 사용하여 Ga 이온빔의 크기를 측정하였는데, 고정된 knife에서 전류를 검출하기 위하여 knife를 움직이는 대신에 deflector를 사용하여 빔을 편향시켰다. 또한 빔의 전류량이 작아 knife에서 직접 전류량을 측정하는데 따르는 문제점을 해결하기 위하여 knife에 이온빔이 맞은 후 나오는 이차이온, 또는 이차전자를 CEM (Channeltron Electron Multiplier)에 통과시켜 증폭된 전류량을 다시 전압으로 증폭하였다. 이를 오실로스코프로 보면 그림 4.와 같은 결과를 얻는다. 만약 이미 알고 있는 mesh나 그밖의 물체를 주사하면 오실로스코프의 시간축을 실제 크기로 환산할 수 있다. 그림 3.은 본 실험에서 기준으로 삼은 200 $\mu$ m의 직경을 가진 wire이고, 이를 이용하여 칼날의 가장자리를 주사하면 전류가 갑자기 증가하는 부분의 15%~85%를 잡아 해당되는 시간을 실제 거리로 환산할 수 있으며 이 거리가 빔의 크기가 된다. 또한 computer simulation은 본 실험장치와 동일한 electrode를 만들고 source부분에서 10개의 이온빔을 주사하여 집속되는 지점을 관측하였다(그림 5.)

### 3. 결과

knife-edge방법을 이용하여 working distance 차이에 따른 빔의 크기를 측정된 후 그림 4.와 같은 결과를 얻었다. 이때 빔의 에너지를 12keV, 15keV, 20keV의 경우로 나누어 각각 35mm부터 75mm 까지 5mm씩 증가시켜 빔의 크기를 측정하였으며, 그 결과 약간만이 증가하는 성향을 보였다.

### 4. 결론 및 제언

광운대학교 물리학과 대전입자빔 연구실에서 제작된 집속이온빔 장치의 working distance 특성에 따른 최적 조건은 20keV의 빔에너지를 가질때 35mm이며 이때의 빔 크기는 0.38 $\mu$ m이다. 따라서 빔 에너지에 따른 당연한 결과를 배제한다면 1mm증가시 0.0025 $\mu$ m의 비율로 증가하기 때문에 빔의 크기에 비하여 큰 영향을 주지 못한다. 그러나 빔의 크기가 0.1 $\mu$ m보다 작은 영역에 도달해서는 상당히 큰 영향을 줄 것으로 분석된다.

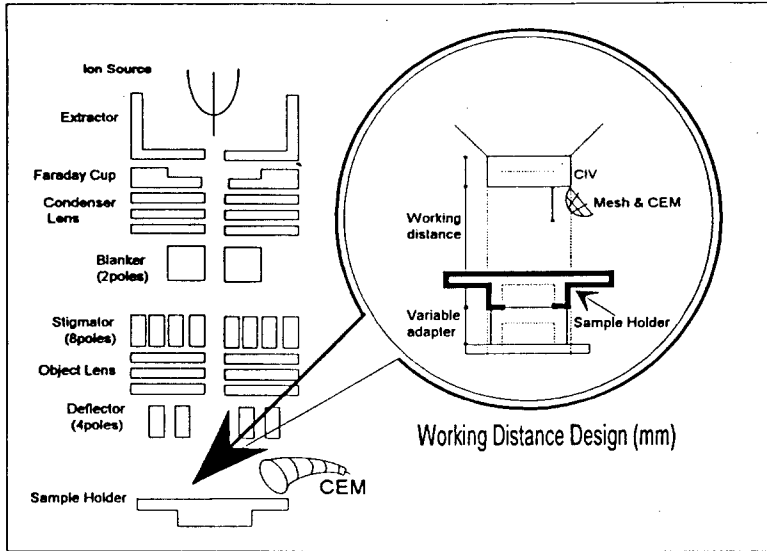


그림 1. FIB 장치의 개략도 및 working distance design

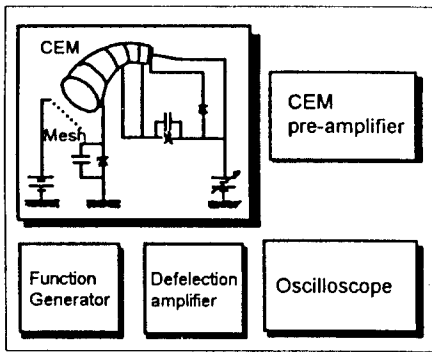


그림 2. 빔크기 측정을 위한 계통도

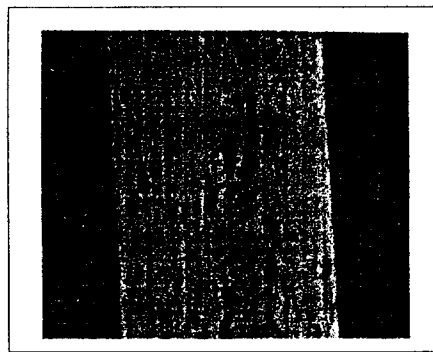


그림 3. SIM으로 본 200 $\mu$ m wire

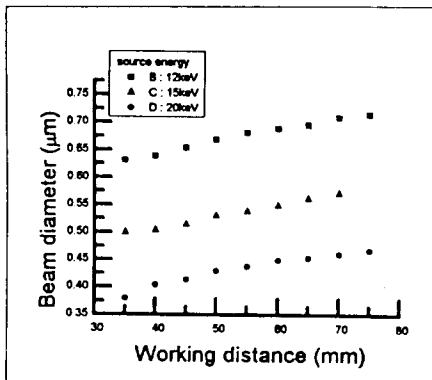


그림 4. working distance에 따른 빔의 크기

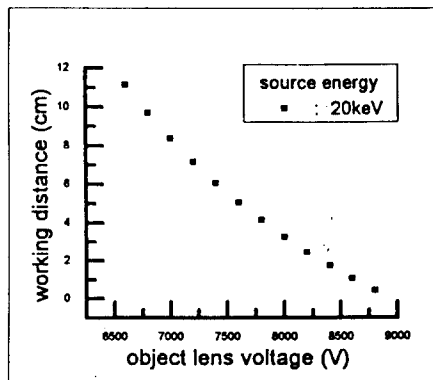


그림 5. object lens voltage와 working distance의 관계