

SEM에서 대물 렌즈의 전류 제어기 설계 Design for Current Controller of Objective Lens in SEM

*임선종¹

*S. J. Lim(sjlim@kimm.re.kr.com)¹

¹한국기계연구원, 나노융합·생산시스템연구본부

Key words : Objective lens, Current controller, Focal length, Acceleration voltage, Crossover

1. 서론1. 서론

대물 렌즈의 동작으로 결정되는 초점 거리는 전자의 속도와 관련된다. 가속 전압이 높아 전자의 속도가 빠른 경우, 같은 렌즈 전류에서 초점 거리는 길어지게 된다. 따라서 가속 전압이 커질 경우, 일정한 초점 범위를 유지하기 위해서는 제어 전류를 증가시켜야 한다. 초점 거리는 가속 전압 및 렌즈의 권선수와 관련된다.

본 논문은 대물 렌즈의 전류 제어기를 설계하기 위해 전류 증폭기를 선정하는 과정과 영상 획득에 사용된 전류의 분포를 보이고 있다.

2. 전류 증폭기의 선택과 전류 분포

전류 증폭기의 사양을 결정하기 위해 사용된 초점, 권선수 및 가속 전압의 관계는 식 (1)과 같다.^{1,2}

$$I = \sqrt{\frac{V_0}{N^2 f}} = \sqrt{\frac{30000}{(600)^2 \cdot 0.008}} = 3.22 \quad (1)$$

여기서, V_0 는 가속 전압, N 은 대물 렌즈의 권선수, f 는 초점 거리이다. 전류 증폭기가 허용할 수 있는 최대 전류값을 구하기 위한 것이기 때문에 가속 전압은 최대로 선정하였다. 초점 거리는 크로스오버의 위치를 프린징 자장의 중심까지 이동시키는 것이 최대 전류이나 본 시스템의 워킹 디스턴스를 감안하여 0.008 [mm]로 하였다. 계산 결과 3.22 [A]이며 전류 증폭기는 이 값을 충분히 허용할 수 있는 것을 선정해야 한다. Fig. 1은 가속 전압에 대해 대물 렌즈의 최대 전류값을 나타내고 있다. Fig. 2은 제작된 렌즈 제어기를 보이고 있다. 제작된 렌즈 제어기는 집속 렌즈, 이미지 슈프트, 스티그메

이터의 전류 공급기를 포함하고 있다. 스팟 사이즈의 제어는 2개의 집속 렌즈로 수행된다. 크로스오버의 위치를 가속 전압에 따라 변화시키는 것과 일정하게 유지하는 것으로 스팟 사이즈를 조종하게 된다. 초점은 대물 렌즈의 크로스오버의 위치 조종으로 실행되며 프린징 자장의 중심과 워킹 디스턴스를 고려해 정해진다. 이미지 슈프트 코일은 스캔 코일과 같이 위치하게 된다. 스티그메이터 코일은 스캔 코일 아래에서 위치하며 프르브의 모양을 조종하게 된다. 프르브의 모양이 원형이 아닌 경우 영상이 왜곡된다. 스캔 코일, 이미지 슈프트 코일 및 스티그메이터 코일은 대물 렌즈안에 위치하게 된다.

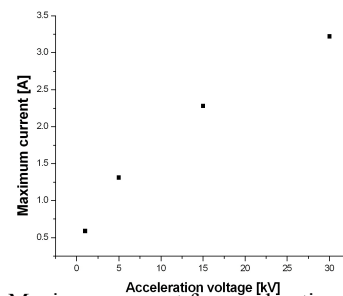


Fig. 1 Maximum current for acceleration voltage



Fig. 2 Lens controller

Fig. 3은 렌즈 제어기의 소프트웨어 다이어그램을 보이고 있다. 제어기는 프로토콜에 따라 수신된 제어 변수를 하드웨어에 전달하게 된다.

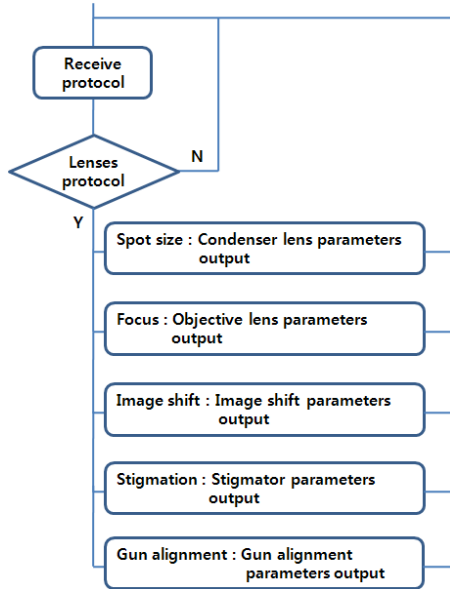


Fig. 3 Block diagram of software

Table 1 Objective lens current

Acceleration voltage [kV]	High	Focus	Low
1	0.47		0.17
5	1.08		0.38
15	1.87		0.7
30	2.67		1

Table 1은 가속 전압에 대해 초점 거리가 최소 및 최대인 경우의 측정된 대물 렌즈 전류를 보이고 있다. 30 kV의 가속 전압에서 초점 범위에 대한 대물 렌즈 전류는 1 - 2.67 [A]이다.

Fig. 4는 계산된 최대 전류값과 최대 및 최소 초점 위치에서 대물 렌즈에 흐르는 전류를 비교한 것이다. Fig. 4에서 사각형의 마크는 계산된 최대 전류값을 나타내고, 원형의 마크는 대물 렌즈의 높은 초점 거리에서 전류값을 나타낸다. 또한 삼각형의 마크는 낮은 초점 거리에서 전류값을 나타내

고 있다. 위의 결과에서 보는바와 같이 영상 획득 과정에서 대물 렌즈의 전류의 범위가 계산된 최대 전류값 범위내에 있게 되어 전류 증폭기의 사양을 결정하는 과정이 적합함을 확인하게 되었다.

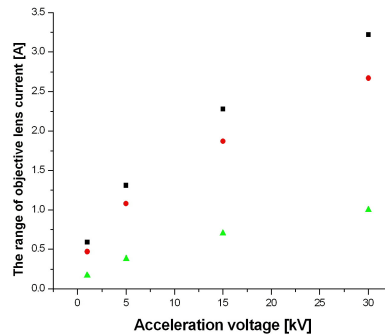


Fig. 4 The range of objective lens current

3. 결론

초점 거리, 권선수 및 가속 전압을 이용한 대물 렌즈의 전류 증폭기에 필요한 전류를 계산한 결과와 실제 대물 렌즈에 흐르는 전류를 비교하였다. 비교 결과 계산된 전류값은 렌즈에 흐르는 전류를 허용하여 증폭기 선정 과정이 적절함을 확인하였다. Fig. 5는 설계된 전류 증폭기를 포함하고 있는 시스템을 보이고 있다.

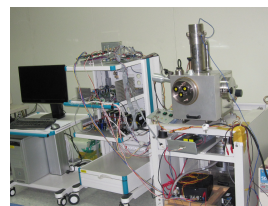


Fig.5 SEM system including lenses controller

참고문헌

- Joseph, I, Goldstein., Roming, A, D., Newbury, D, E., Charles, E, L., Patrick, E., Charles, F., David, C, J., Eric, L., 1992, "Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis," Plenum press, pp. 1-272.
- John, L, T., 1993, "Electron beam testing technology," Plenum press, pp. 35-173.1990.