

디지털 화상 처리 기법을 이용한 Scanning Eletron Microscope 의 화상의 개선(3)

김수길, 김대현, *최재혁, 박선우
서울시립대학교 제어계측공학과
*서울시립대학교 전자공학과

I. 서론

SEM(Scanning Electron Microscope)에서 획득한 화상을 처리하는 방법은 크게 세가지로 분류된다. 첫째 optical photographic 방법, 둘째 electrical analog 방법, 그리고, 셋째 digital image processing 방법이다. 이 가운데 가장 많이 사용되는 electrical analog 방법은 2차 전자를 detect한 이후 그 신호를 선형, 비선형적으로 증폭하여, contrast 등을 개선시켜 좀 더 명확한 화상을 추출하는 방식이다.[1] 그러나 electrical analog 방법의 경우 원시화상 데이터가 analog 방식이기 때문에 화상처리에 있어서 많은 한계를 가지고 있다.

Analog 방법의 한계를 극복하여 다양한 화상 처리를 할 수 있는 것이 digital image processing 방법이다. 특히 원시 화상에 noise가 포함되어 있을 경우에 화상 처리에 의한 효과가 크게 나타난다. 본 연구의 목적은 본 연구실에서 자체 개발한 초소형 SEM을 이용하여 획득한 화상에 digital image processing 방법을 적용하여 화상을 개선하는 데 있다.

II. 실험 과정

본 실험에 사용한 원시 화상은 eletrostatic 렌즈를 사용한 초소형 경통 SEM에서 얻은 화상이며, 이를 그림1에 나타내었다. 그림1은 가속전압 -3kV, filament 전류 2.0A, condenser 렌즈 전압 300V, object 렌즈 전압 -1200V일 때, 약 2000배로 확대하여 구리 mesh를 나타낸이다. 이 원시화상에는 많은 noise가 포함되어 있음을 그림에서 알 수 있다. SEM으로 획득한 화상에 영향을 미치는 noise에는 전원의 리플에 의한 전원 noise, 진동 noise, 배선 noise 등이 있으며, 이 중 가장 큰 영향을 미치는 noise 는 filament source 전류와 가속 전압에서 발생하는 리플에 의한 noise이다. Filament source에 -3kV의 가속전압을 인가하였을 경우, 0.2V 정도의 리플이 존재함을 확인하였으며 electron beam의 초점이 정확히 맞지 않아 화상이

흐리게 나타남을 그림1(a)에서 알 수 있다. 또한 그림1(b) 히스토그램에서 data 영역이 좁아 콘트라스트가 떨어짐을 알 수 있다. 이 화상의 경우 gray scale level이 90에서 180 정도로 콘트라스트가 낮음을 확인하였다. 본 실험에서는 콘트라스트를 높이기 위하여 gral scale level 을 90~180으로부터 0~255 로 확장하였으며 그 방법은 다음과 같다.

$$Y_i = (X_i - data_{min}) \times DATA_{MAX} / data_{max} - data_{min} \quad (1)$$

$data_{max}: 180, data_{min}: 90, DATA_{MAX}: 255$

그림2(a)는 (1)식을 이용하여 콘트라스트를 높였을 때의 화상으로서 흰 점과 검은 점의 noise가 선명하게 나타남을 알 수 있다. 그림2(a)에서 나타난 noise는 SEM에서 일반적으로 발생하는 고주파 noise이다. 이 고주파 noise를 제거하고 획득하고자 하는 화상이 나타나는 저주파 영역을 세밀하게 살펴보기 위해 low pass filter를 사용하여 digital image processing을 수행하였다. Low pass filter는 weight 값이 1/49인 7×7 kernel로 구성하였다. 이때의 개선된 화상을 그림3에 나타내었다. 그림 4는 중심 픽셀의 weight 값이 9이고 나머지 영역의 weight 값이 -1인 kernel로 구성된 high pass filter를 이용하여 그림3을 digital image processing한 결과이다. 그림 5는 시료의 같은 영역을 20번 반복하여 scanning하여 획득한 화상 데이터의 평균값을 내어 화상에 noise가 거의 없는 것을 확인하였다. 화상에 나타나는 noise는 각각의 프레임에 대해 상관관계가 없기 때문에 (uncorrelated), 평균을 할 때, noise는 거의 나타나지 않게 된다. [2-3]

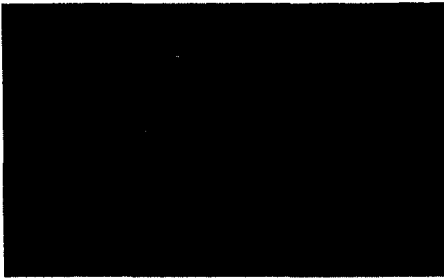
III. 결과 및 고찰

본 연구실에서 제작한 초소형 SEM으로 화상을 얻었으나, 전원과 외부 noise가 화상에도 영향을 미치고 있다. 이를 개선하기 위해 화상 신호를 디

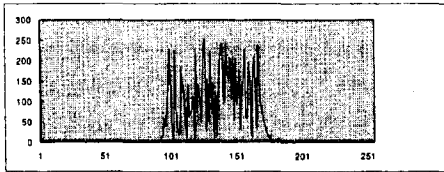
지털로 획득하여 여러 가지 화상처리를 하였다. 좁은 영역의 gray scale level을 갖는 데이터를 full scale level로 mapping 하므로, 콘트라스트를 개선하였다. low pass filter를 사용하여 고주파 noise를 줄였다. low pass filter로 smoothing 해진 화상을 명확하게 하기 위해 high pass filter로 화상처리를 하였다. 20개의 image를 averaging하여 noise가 거의 없는 화상을 얻었다. SEM 화상에 noise가 있더라도, 화상정보를 가지고 있으면, 화상처리에 의해 noise를 줄이고, 좋은 화상을 개선할 수 있다.

IV. 참고문헌

- [1]. Robert Edward Lee, "Scanning electron Microscopy and X-ray microanalysis"
- [2]. Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms"
- [3].Rafael C. Gonzalez Richard E.Woods, "Digital Image Processing"

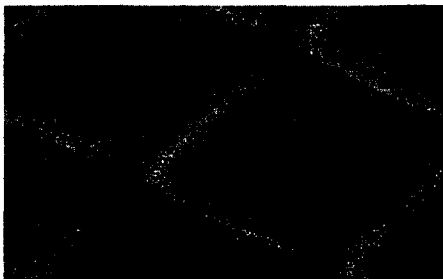


(a). 원시 화상

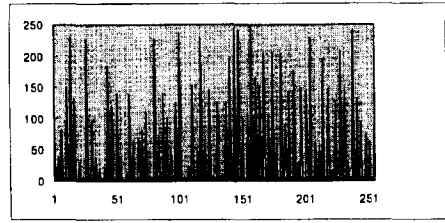


(b) 원시 화상의 히스토그램

그림 1. SEM의 원시화상과 히스토그램



(a). Contrast stretch



(b). Contrast stretch 히스토그램

그림 2. Contrast stretch 와 히스토그램

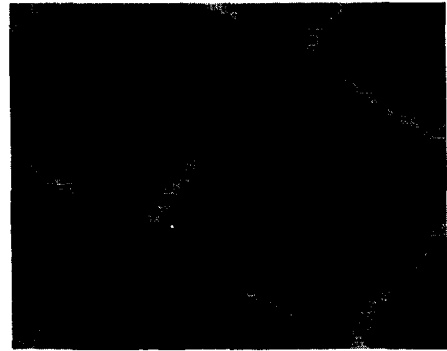


그림 3. Low pass filter (7×7 kernel)



그림 4. High pass filter (3×3 kernel)

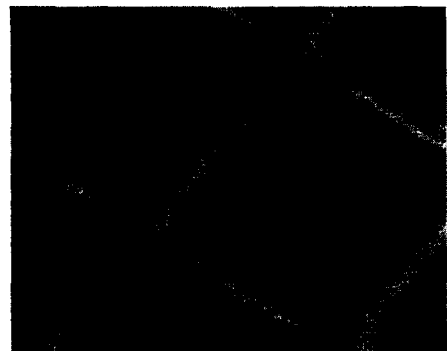


그림 5. Image averaging (20 frame)