

이차 전자에 의한 영상의 질 개선에 대한 연구

Improving the quality of Secondary Electron Image

*#김영대¹, 최영진², 유길연²

*#Y. D. Kim(ydkim@pemtron.com)¹, Y. J. Choi², K.Y.Yoo²

¹(주)팜트론, ²(주)팜트론

Key words : SEM, SED, SEI, Filter

1. 서론

주사전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)은 광학현미경 분해능의 한계를 극복하기 위해 보다 파장이 짧은 전자빔을 사용함으로써 분해능을 향상시킨 측정장비로 다양한 공학분야에서 널리 사용되고 있다. 전자빔의 파장(λ)은 아래와 같다.

$$\lambda = h / (\sqrt{2m_0eU}) \quad \text{-----} \quad (\text{식1})$$

전자현미경을 크게 구분해보면, Electron Gun, Column, Chamber & Stage, Detector, Vacuum System 으로 구성된다.

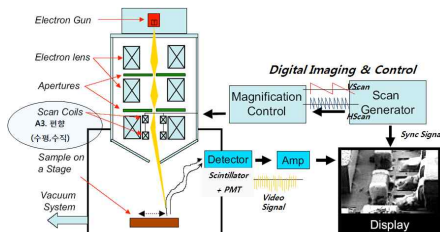


Fig 1 SEM System Block Diagram

이중 Detector로는 2차전자검출기(SED)와 후방 산란전자검출기(BSED)등의 Image를 검출하는 것이 있으며, 특성 엑스선을 이용하여 시료의 정성 및 정량 분석을 목적으로 하는 파장분산형 분석기(WDS), 에너지분산형 분석기(EDS) 등이 있다. 본 연구에서는 전자 현미경에서 가장 보편적으로 많이 쓰이고 있는 2차전자 검출기(SED)의 구성 및 특성 그리고, 구조적으로 발생할 수 밖에 없는 Noise의 종류를 확인하고, SED의 구성 항목 중 가장 접근이 용이한 전자회로에 대하여 회로 해석 시뮬레이션을 통한 최적 회로를 구하고자 한다.

2. SED 구성 및 특성

SED(Secondary Electron Detector)는 Fig2.과 같이 신틸레이터(Scintillator), 광도관(Light Pipe), 광증배관(Photo Multiplier Tube), 증폭기(Pre-Amplifier)로 구성된다.

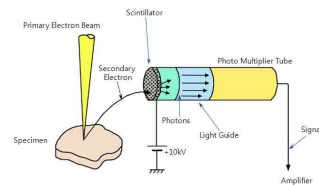


Fig 2 SED Structure

전자빔에 의하여 시료로부터 발생한 2차전자는 Scintillator, Light Pipe, PMT를 거치면서 최종적으로 수mV ~ 수십mV의 전기적인 신호를 출력한다.

최대 신호를 얻기 위하여 전자를 받아들이는 Scintillator와 PMT는 가능한 한 같은 파장대역에서 동작하는 부품으로 선정하여야 하며, 전자 현미경 본체에서 고배율의 이미지를 얻기 위하여 Spot Size를 충분히 작게 할 경우 PMT를 거쳐 출력되는 신호의 Level은 그만큼 작아질 수 밖에 없다. 이 경우 미세한 Focusing을 하기 위하여 이미지의 Contrast를 높이려면, PMT에 공급되는 Cathod와 Anode사이의 공급 전압을 올릴 수 밖에 없으며, 이 경우 Fig. 3에서와 같이 Anode Dark Current가 수nA까지 커지게 된다. Dark Current는 공급 전압에 크게 영향을 받으며, 발생 원인으로는 Thermionic emission of electrons, Ionization of residual gases(ion feedback), Glass scintillation, Leakage current(ohmic leakage), Field emissions 등이 있다.

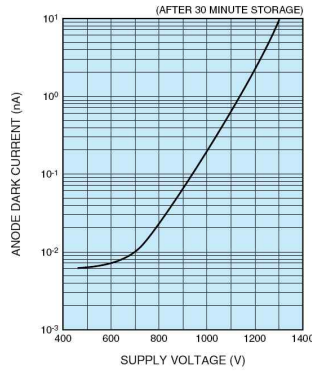


Fig. 3 Typical Dark Current vs. Supply Voltage

3. SED의 Amplifier 설계

위에서 언급한 Dark Current는 이미지 Signal과 혼재된 상태로 Amplifier단으로 전달됨으로 Amplifier 입장에서는 신호와 Noise를 구분할 수가 없다. 그러므로, Amplifier입장에서는 신호에 포함되어 있는 Noise성분을 유추하여 그를 제거해야 한다. LPF(Low Pass Filter)는 그 방법 중 하나로 쉽게 설계가 가능하다.

LPF 사용시 고려할 항목 중 가장 중요한 것은 cut-off Frequency를 선정하는 것이며, Filter Order는 원신호의 변형이 되지 않는 범위에서 높여서 구현하는 것이 좋다.

Fig. 4는 특정 주파수를 f_c 로 하는 3차 Low Pass Filter를 도식화 한 것이며, Fig. 5는 그에 대한 주파수 응답 특성을 Simulation한 결과이다.

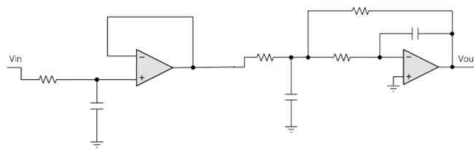


Fig. 4 3rd Order Low Pass Filter

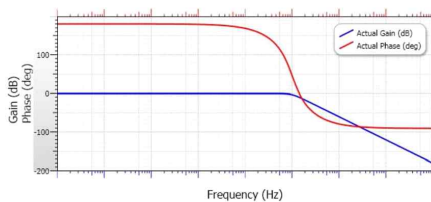
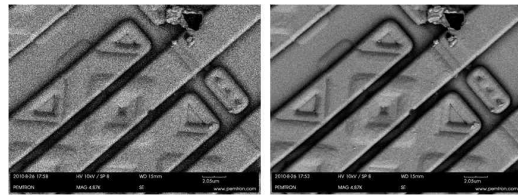


Fig. 5 Frequency Response about Fig. 4

4. 결론

Amplifier에서 Filter 회로를 내장하는 이유는 PMT로부터 야기되는 Noise(Dark Current)가 이미지에 미치는 영향을 감소시키며, 안정적인 신호를 모니터에 공급하기 위한 것이다. Signal의 Digitalizing시 Sampling Rate를 고려하여 원 신호에 영향을 주지않는 최적의 cut-off Frequency를 찾아 충분한 실험을 통하여 다양한 시료에 대한 적합성을 검토해야 한다.

Fig.6은 Filter의 존재 유무에 따라 영상의 변화를 관측한 것이며, 최적의 Filter 설계를 통하여 영상의 질을 향상시킬 수 있다.



(a) by-pass (b) with filter
Fig. 6 Comparison of Image

후기

본 연구는 지식경제부에서 지원하는 ‘고효율 에너지빔 응용 초미세 부품 제조용 In-line 시스템개발’ 사업의 지원으로 진행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 황인옥, 김재천, “주사전자현미경의 기초”, 반도체출판사, 24-26, 62-65, 98-99.
2. 윤준도, 양철웅, 김종렬, 이석훈, “주사전자현미경 분석과 X선 미세분석”, 청문각, 87-93, 109.
3. Lee, R. E., "Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis", PTR Prentice Hall.
4. Reimer, L., 1998, "Scanning Electron Microscopy -Physics of Image Fomation and Microanalysis", Springer, Berlin.
5. Millman, J., Grabel, A., "Microelectronics", second edition, 634-640.