

전자 현미경을 이용한 전자빔 리소그래피에서의 전류 제어

Current Control in E-beam Lithography based on Scanning Electron Microscopy

김진태, 황인각
 전남대학교 물리학과
geuin@nate.com

전자빔 리소그래피(E-Beam Lithography) 기술은 전자선 감광제를 도포한 시료면에 전자빔을 조사하여 감광제를 구성하는 고분자를 결합 또는 절단하여 시료면상에 감광제 패턴을 형성하는 기술로 1950년대에 주사형 전자현미경의 기술을 기초로 출발하였다. 전자빔은 전자기 또는 정전식 렌즈를 통하여 쉽게 나노미터 단위의 직경으로 집속시킬 수 있으며, 전자기 또는 정전식 편향기로 방향을 조절할 수 있다. 따라서 전자빔은 대규모 집적회로의 패턴을 레지스트에 매우 정밀도로 전사할 수 있다. 위의 그림은 본 연구에서 실험을 하는데 사용된 장비의 구성도이다. E-Beam Lithography는 컴퓨터 원용설계(CAD) 시스템에 의하여 만들어진 패턴 파일을 각 시스템에서 원하는 고유의 포맷으로 변환시키고 이를 기본으로 전자건에서 방사된 전자빔을 Column내의 전자렌즈로 집속, 편향시켜서 Chamber내의 스테이지위의 기판에 묘화시키는 것이다.

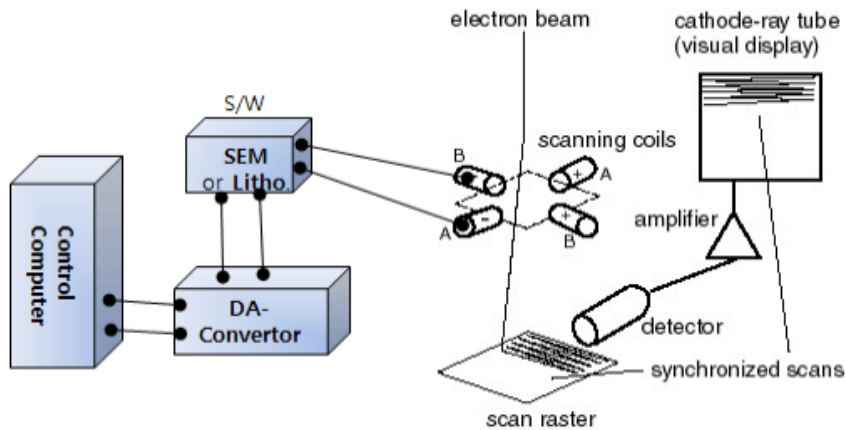


그림 1 E-Beam Lithography 장치 구성도

E-Beam Lithography를 하면서 중요한 것 중의 하나는 Lithography를 하면서 노출된 Current의 양을 적절하게 조절하는 것이다. 이 Current를 적절하게 조절하기 위해서 우선 Faraday Cup을 제작하는데 힘쓰게 되었다. 본 연구에서는 시료 받침대를 이용하여 적당한 크기의 hole을 뚫은 후 150 um정도의 hole size를 갖는 aperture를 이용하여 전자를 가두는 방식으로 Faraday Cup을 제작하였다.

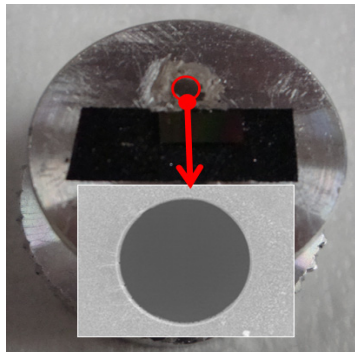


그림 2. Specimen stub위에 제작된 Faraday Cup

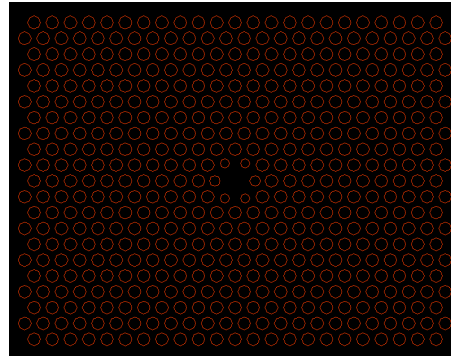
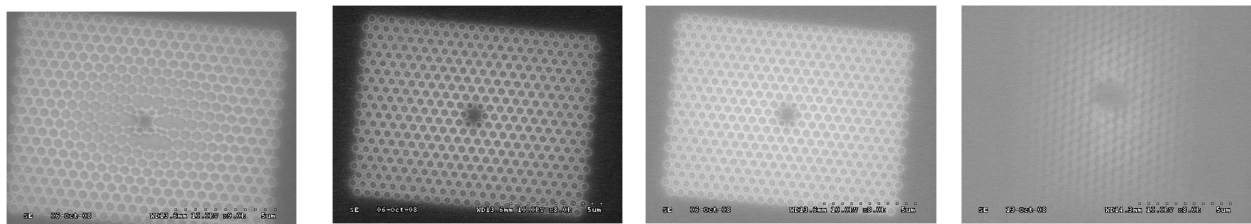


그림 3 Lithography 패턴정보를 담고 있는 CAD 파일 이미지

specimen stub 위에 도달하는 전류의 양을 직접 6485 Picoammeter를 이용하여 측정하였다. 그리고 매 실험마다 15가지의 다른 Dose값(전하밀도의 차원을 갖는 양)을 적용시켜 실험하였다.



(a) $I_{FC}=17$ pA

(b) $I_{FC}=12$ pA

(c) $I_{FC}=10$ pA

(d) $I_{FC}=7$ pA

그림 4. Faraday cup 전류 크기에 따른 패턴의 변화

위의 패턴들은 100nm~400nm의 size를 갖는 hole로 구성되어졌다. 전자총의 가속 전압은 30 kV였다. 먼저, Faraday Cup의 aperture 내부로 모든 전류가 들어가도록 specimen stage를 이동한 뒤 전류 I_{FC} 를 측정하였다. 그 뒤, 실제 pattern을 형성하고자 하는 sample위로 이동한 뒤, 다시 전류 I_S 를 측정하였다. 그 후, PMMA를 현상을 하고 바로 전자현미경 관찰한 결과가 그림 4이다.

실험의 결과 $I_{FC} = 10\text{pA} \sim 12\text{pA}$ 인 경우 가장 정확한 pattern의 모습이 나타났다. 이에 해당하는 specimen 전류는 $I_S=8\text{pA} \sim 10\text{pA}$ 였다. 전자총에서의 전류가 시간이 흐름에 따라 조금씩 변화됨을 관측하였다. 따라서, 본 실험에서는 E-Beam Lithography를 시행하기 전에는 앞서 충분한 시간이 경과하여, 전자총 전류가 안정화 된 이후에 실험을 수행하였다.

Reference

1. "Handbook of Photomask Manufacturing Technology" edited by Syed Rizvi.
2. "Electron Beam Lithography" 김세현, KAIST 졸업논문
3. A. Ampere, et al., "Electron Beam Lithography in Nanoscale Fabrication:Recent Development", IEEE Transactions on Electronics Packaging Vol. 26 No.2 (2003)