

초소형 경통계에 의한 SEM의 제작(1)

이상훈, 최창훈, 최재혁*, 김송관, 김홍복, 박선우

서울시립대학교 제어제측공학과

*서울시립대학교 전자공학과

I. 서론

급격한 발전을 이루고 있는 현대사회에서는 모든 기술과 제품이 소형화되어 가고 있다. 특히, 반도체 분야는 이러한 다른 분야의 소형화 추세를 넘어서서 보다 고집적화 되고 있는 추세이다. 반도체 분야의 중요한 분석 장비인 SEM(Scanning Electron Microscope)은 반도체 분야 뿐 아니라 물리학 및 생의학 연구 분야 등 기초과학 분야에서도 광범위하게 이용되고 있는 장비이다. SEM이 장비 자체가 고가이고 시스템이 매우 복잡하며 operating하기가 매우 어렵다는 문제점을 내포하고 있음에도 불구하고 많이 이용되고 있는 이유는 기존 광학 현미경에서는 얻을 수 없는 고배율의 화상을 획득할 수 있기 때문이다. 현재 국내에서 사용하는 대부분의 SEM 장비는 일본에서 제작된 제품이다. 이로 인하여 저가이며 조작이 간편한 초소형 SEM의 국내 제작 개발이 더욱더 시급히 요구되는 실정이다. 본 연구의 목적은 electrostatic lens를 이용하여 초소형 경통계를 제작하여 화상을 획득하는 데 있다.

II. 제작 및 실험

일반적으로 SEM에서 사용되는 source는 thermionic emission type과 field emission type으로 크게 나눌 수 있다. 본 연구에서는 pointed tungsten filament를 이용하여 source를 자체 제작하였으며 이를 그림1에 나타내었다.[1] 이러한 형태의 source를 사용한 이유는 thermal emission effect와 field emission effect를 동시에 발생시키기 위해서이다. Tip의 첨두 부분은 electrochemical etching에 의해서 제작하였고[2] 경통계의 lens, deflector, stigmator는 electrostatic type으로 제작하여 사용하였다. Lens는 3전극 구조를 갖는 electrostatic lens중에서 외측 두 전극에 같은 전위를 유지시켜주는 Einzel lens를 이용하였다.[3,4] 그림2는 본 연구진이 제작한 경통계의 간략한 구조도이다. Condenser lens는 3단으로 구성하였으며 1st condenser lens 위에 hole size 300 μ m의 1st aperture를, stigmator 단에 200 μ m의 2nd

aperture를, objective lens 위에 100 μ m의 3rd aperture를 위치시켰다. Deflector는 2단 quadrupole 구조로 제작하였다. 1st aperture에서 deflector 까지의 총 길이는 75mm이다. 이러한 초소형 경통계는 ion beam과 electron beam의 방출 특성을 파악할 수 있는 SIMION이라는 simulation 프로그램을 이용하여 설계하였으며 인가전압에 따른 beam의 집속도와 focusing 지점을 파악하였다.

Mechanical rotary pump와 turbo-pump를 이용하여 chamber와 column의 진공도를 1×10^{-6} torr 수준으로 유지하였으며 Cu mesh (thickness : 20 μ m, line and space : 63 μ m, line : 33 μ m, space : 30 μ m)를 관측 sample로 사용하였다. Stainless 시료대 위에 전도성 물질인 carbon tape를 붙이고 그 위에 sample를 고정시켰다. 시료대 전체를 접지하여 electron들이 charge되지 않게 하였으며 이는 접지시키지 않을 경우 electron들이 sample 위에 charge 되어서 화상이 흐려지는 원인이 되기 때문이다.

Einzel lens의 외측 전극은 접지하였으며 중간 전극만 고전위로 유지하였다. Objective lens 중간 전극에 positive와 negative 전압을 인가하며 화상을 추출하였다.

III. 실험 결과

일반적으로 objective lens 중간 전극에 negative 전압을 인가했을 경우에는 focusing point가 짧아지는 대신 beam density가 감소하며, 같은 절대치의 positive 전압을 인가하였을 경우에는 focusing point는 길어지고 beam density가 증가한다. 그림3은 acceleration 전압과 focusing 이루어지는 objective lens 전압과의 상관관계 그래프이다. 같은 가속 전압에서 positive 전압이 negative 전압보다 약 2배이상을 인가해야만 focusing이 이루어지는 것을 확인하였으며 acceleration 전압과 lens 전압과의 관계가 선형적임을 알 수 있다.

이러한 결과로부터 낮은 전압에서 focusing을 이루기 위하여 negative 전압을 objective lens에

인가하며 화상을 추출하였다. 그림4는 $V_{\text{acceleration}} = -3.0\text{kV}$, $I_{\text{filament}} = 2.0\text{A}$, $V_{1\text{st}} = 300\text{V}$, $V_{2\text{nd}} = -400\text{V}$, $V_{3\text{rd}} = \text{GND}$, $V_{\text{objective}} = -1\text{kV}$, $V_{\text{deflection}} = 25\text{V}$ 조건하에 획득한 화상이다. 이때의 화상 배율은 약 3000배이며 최대 6000배의 배율을 갖는 화상을 획득할 수 있었다.

IV. 결론

초소형 경통계를 이용하여 화상을 획득하였다. 전체 경통계의 크기를 크게 축소하였으며 저전압에서 화상을 획득하였다. 현재까지 획득한 화상의 최대배율은 6000배이며 이는 기존 SEM보다 낮은 배율이지만 초소형 경통계를 이용한 SEM의 가능성은 충분히 입증하였다. 배율이 낮은 이유는 기존 SEM의 beam diameter는 10nm이하인데 비하여 본 연구진이 제작한 초소형 경통계에 의한 beam diameter는 수백 nm단위이기 때문인 것으로 사료된다. Beam diameter를 줄이기 위하여 aperture의 크기를 축소하고, source 부분의 field emission 효과를 증가시킨다면 고배율의 화상을 추출할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 참고 문헌

- [1] The Review of Scientific Instrument, Vol 39, No 4, (1968)
- [2] S.U.Kang, "Construction and Characteristics of ion source", The J. of KWU, Vol. 15, 1986
- [3] M.Szilagyí and J.Szep, J. Vac. Sci. Technol. B 6 (3), May/June 1988
- [4] G. H. N. Riddle, J. Vac. Sci. Technol. 15(3), May/June 1978

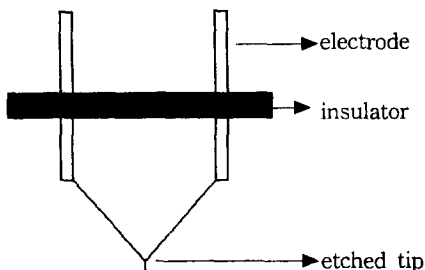


그림1. 제작한 filament의 형태

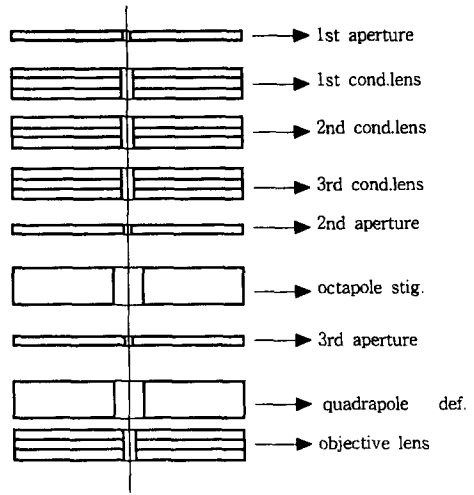


그림 2. 경통계의 구조도

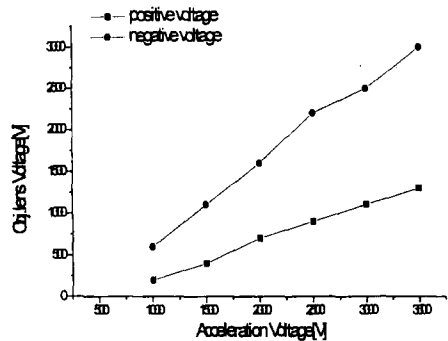


그림 3. V_{acc} 와 V_{obj} 의 상관관계



그림 4. 초소형 경통계에 의한 화상