

## 전자선-산화막을 이용한 실리콘 전계방출소자의 특성 연구

김성원, 이진호, 유연석\*, 조경익, 유형준  
한국전자통신연구소, \*청주대학교 광학공학과

최근 전계방출 소자는 Field Emission Display(FED), 마이크로파 응용과 마이크로 센서등에 연구되고 있다. 저전압구동 소자를 제작하기 위하여 팁을 뾰족하게 하거나 팁과 게이트 전극간의 거리를 최소화하는 노력이 진행되고 있다. 그러나 기존의 실리콘 전계방출 소자의 제조방법은 게이트 절연물질층을 형성하기 위하여 전자선 증착법에 의하여 산화막을 형성하는데, 이때 증착된 실리콘 산화막이 팁 주위에 shadow 영역을 형성하기 때문에 여기에 게이트 전극을 증착했을 경우, 팁과 게이트 전극간의 간격을 줄이는데는 어려움이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해서, 전자선 증착공정 대신에, step-coverage가 우수하여 팁 주위의 shadow영역을 침투할수 있는 스퍼터링법(sputtering method)을 이용하여 게이트 전극을 팁 주위에 가까이 접근시킬 수 있었다. 또한 제작된 실리콘 전계방출소자의 전기적 특성을 조사하였다.

실리콘 전계방출 소자제작은 10 ohm-cm, p-type, (100) 실리콘 웨이퍼를 사용하였고, well 도핑을 위하여  $5 \times 10^{15}/\text{cm}^2$ 으로 phosphorous를 주입하였다. 열산화막을 3000Å의 두께로 성장시킨 후 건식 식각 공정으로 팁마스크를 형성하고 등방성 식각과 비등방성식각으로 1.2 $\mu\text{m}$ 의 높이로 실리콘 필라를 형성하였다. 그리고 게이트 절연막을 형성하기 위하여 1 $\mu\text{m}$ 의 두께로 전자선 증착법에 의하여 산화막을 증착한 후, 팁을 뾰족하게 하기위한 두단계(건식, 습식산화) 산화 공정을 하였고 스퍼터링법으로  $\text{Ti}_{0.1}\text{W}_{0.9}$ 를 게이트 전극으로 증착하였다. 불산용액으로 마스크 산화막과 sharpening 산화막을 제거함으로써 팁을 노출시켰다. 이렇게 제작된 소자는 dual-in-line package(DIP)에 장착하였다.

패키징된 소자는 고진공 측정 챔버에서 측정하였다. 200 °C에서 5시간 가열한 후  $3.0 \times 10^{-7}$  Torr에서 HP4145를 이용하여 측정하였다. 그림 1의 (a)와 (b)는 본 실험에서 측정한 실리콘 전계방출 소자의 SEM 사진이다. 1.2 $\mu\text{m}$ 의 마스크로 0.4 $\mu\text{m}$ 정도의 게이트-케소드 간격을 형성할 수 있었다. 이는 위에서 언급한 바와 같이, 스퍼터링의 우수한 step-coverage 때문에 마스크의 shadow 영역을  $\text{Ti}_{0.1}\text{W}_{0.9}$ 가 침투해 들어 갔기 때문이다. 그림 1의 (b)는 팁과 게이트 홀을 확대한 그림으로, 팁 끝부분 지름이 50Å보다 작게 보인다. 그림 2는 2개의 팁에서의 방출 전류-전압 특성을 보여 준다. Turn-on voltage는 대략 55V이며, 56V의 게이트전압에서 약 1 $\mu\text{A}$ 의 전류를 측정할 수 있었다. 그림 3은 방출 전류-전압 특성을 F-N plot한 것이다. 측정된 F-N plot의 직선성으로부터 전자 터널링에 의한 방출전류임을 알 수 있었다.

본 연구에서는 전계방출 소자의 동작 특성을 향상시키기 위하여 팁과 게이트간의 거리가 0.5 $\mu\text{m}$  이하의 게이트 전극홀을 갖는 새로운 제조방법을 개발하였다. 이 기술은 우수한 step-coverage 특성을 갖는 스퍼터링법으로  $\text{Ti}_{0.1}\text{W}_{0.9}$ 를 게이트 전극으로 형성함으로써 팁 주위의 shadow 영역으로 침투하여, 결과적으로 최소 1.2 $\mu\text{m}$  마스크를 사용하여 0.5 $\mu\text{m}$ 이하의 게이트 전극홀을 갖는 전계방출 소자 제작할 수 있었다. 방출전극의 전류-전압 특성은 고진공 챔버에서 55V의 turn-on voltage를 나타내었으며, F-N plot의 선형성으로 터널링에 의한 전류임을 알 수 있었다.

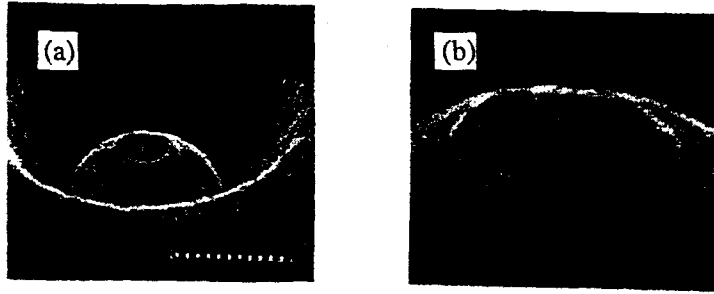


그림 1. 전계 방출소자의 전자현미경(SEM) 사진.

(a): 30.0k, 1 μm (b): 100.0k, 0.3 μm

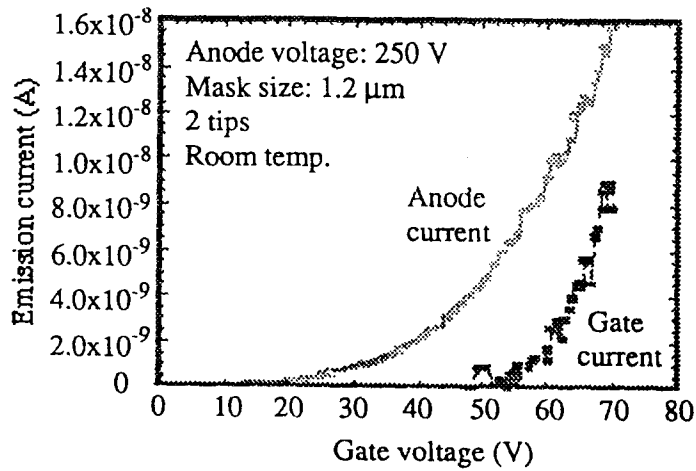


그림 2. 전계 방출소자의 전류-전압 특성.

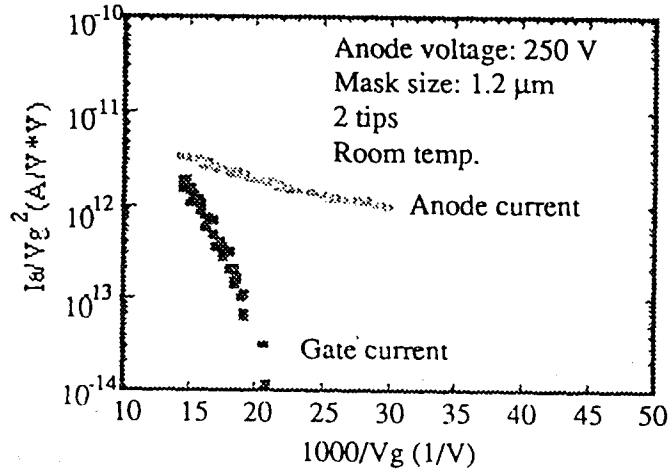


그림 3. 전계 방출소자의 전류-전압 특성을 부터 구한 Fowler-Nordheim plot.