

화산형 실리콘 팁 필드 에미터 어레이의 전계 방출 특성 (Field Emission Characteristics of Volcano Type Si Tip Field Emitter Arrays)

고등기술연구원 최영환, 김 한, 최정욱, 김명제, 허진우, 정효수
(449-800) 경기도 용인시 백암면 고안리 633-2 용인우체국 사서함 25호
TEL : (0335) 30-7507 , FAX : (0335) 30-7116

1. 서론

전계방출소자 (Field Emission Device)의 성능을 좌우하는 FEA (Field Emitter Array)는 필드 에미터의 재료에 따라 크게 3 가지로 분류할 수 있다. 금속 에미터를 전자빔 열증착법으로 형성시키는 금속 팁 FEA, Si 기판 위에 패턴을 형성한 후 식각을 하여 팁을 형성하는 Si 팁 FEA와 다이아몬드를 증착하여 에미터로 사용하는 다이아몬드 FEA가 있다. Si 팁 FEA는 현재 H. F. Gray의 방법에 의해 주로 제조되나 공정 상의 몇가지 문제점이 지적되고 있다. 특히 Gray의 방법은 팁 에미터 위에 일함수가 낮은 이종의 물질을 코팅하기가 불가능하여 실리콘 에미터의 I-V 특성을 향상시키기가 매우 어렵다. 또한, 게이트 절연층인 SiO₂를 자기정렬 구조를 유지하기 위하여 전자빔 열증착법으로 제조하는데 이는 게이트 절연층의 절연과 특성 저하시킬 우려가 있다. 따라서 Gray의 방법과는 다른 방법들이 개발된 바 있으며 화산형 Si 팁 FEA가 그 중의 하나이다. 화산형 Si 팁 FEA는 자기정렬 구조를 유지하면서 위의 문제점을 극복할 수 있으나 게이트 구멍을 open 시키는데 어려움이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 완성된 Si 팁 위에 게이트 절연층과 금속층을 증착하고 평탄화층으로 PR (photoresist)을 코팅한 후 이를 Ar 이온으로 스퍼터 식각하여 게이트 구멍을 open 시키는 새로운 방법을 이용하여 화산형 Si 팁 FEA를 제조하고 I-V 특성을 평가하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용한 기판은 n 형 Si (100) 웨이퍼로써 POCl₃ 도핑을 하여 캐소드 전극을 형성하였다. 각 제조 공정들을 자세히 언급하면 다음과 같다. 먼저 Si 팁 형성에 필요한 PR 마스크를 사진식각 공정을 통하여 형성한 후에 SF₆ 가스를 사용하여 반응성 이온 식각 방법으로 Si를 등방성 식각하여 Si 팁 에미터를 제조한다. Si 팁 위에 게이트 절연층과 금속층을 순차적으로 증착하고 PR 평탄화층을 스핀 코팅한 후 게이트 전극이 노출될 때까지 식각한다. 다음으로 게이트 금속층과 절연층을 식각하고 최종적으로 PR을 제거하면 화산형 Si 팁 FEA가 완성된다. 완성된 FEA의 전계방출 특성은 초 고진공 (약 5×10^{-8} torr)에서 측정하였으며 측정된 I-V 결과로부터 Fowler-Nordheim 분석과 에미션 면적 등을 계산하였다.

3. 실험결과

Si를 SF₆ 가스만을 가지고 식각한 후에 SEM으로 관찰한 결과 날카로운 팁이 균일하게 형성된 것을 볼 수 있었으며 이 때 팁 끝의 반경은 약 25 nm 정도였다. 또한 전체적으로 균일한 게이트 구멍을 관찰할 수 있었으며 구멍의 직경은 약 1.2 μ m 이었다. FEA의 에미션 특성을 측정된 결과 약 10 nA/tip의 에미션 전류를 얻었으며 Fowler-Nordheim 분석 결과 이 전류가 전계 방출에 의한 것임을 확인할 수 있었다.