

[IV~7]

찬음극 전기장 방출 전자빔을 위한 초미세 바늘 전극의 제작 및 빔 특성

김영권, 이준호, 최복기, 최은하, 조광섭, 강승언

광운대학교 물리학과

1. 서론

초미세(Ultra sharpness) 텅스텐 바늘 전극은 찬 음극 전기장 방출 전자빔(Cold cathode field electron beam)을 위한 전극으로 사용되며, 또한 주사 터널 현미경(Scanning tunneling microscopy : STM)⁽¹⁾과 전계 이온 현미경(Field Ion Microscopy : FIM)⁽²⁾, 고배율의 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscopy : SEM)⁽³⁾, 전자빔 홀로그래피⁽⁴⁾ 등의 전자원으로 사용된다. 초미세 바늘 전극의 형태는 구형 대칭과 매끄러운 표면 그리고 적당한 테이퍼 길이가 요구된다. 또한 전기장 방출 전자빔을 위한 초미세 바늘 전극의 제작에 있어서 궁극적인 목표는 낮은 인가 방출 전압(low extraction voltage), 긴 수명(long life time), 안정된 방출 전류(stable emission current), 작은 퍼짐각(small emission angle) 등이며, 이러한 요소들은 텅스텐 바늘 전극의 형태와 표면의 거칠기, 곡률 반경 등과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다.

2. 실험방법

본 실험에서는 전기화학적 식각 방법으로 바늘 전극을 제작하여, 전극의 형태 및 곡률 반경을 측정하였다. 전자빔의 안정도와 전류 - 전압 특성 등을 분석하였다. 그림 1은 초미세 바늘 전극을 제작하기 위하여 필수적인 전산제어부를 포함한 전기화학적 식각장치의 개략도이다. 이때 사용된 전해용액은 NaOH와 KOH 용액을 사용하여 식각하였으며, 가해주는 전압과 용액의 농도에 따라서 테이퍼(taper) 길이를 150 μm 에서 250 μm 까지 조절이 가능하였다. 그림 2는 식각된 초미세 바늘 전극을 이온현미경을 통하여 확대한 사진이다. 그림 2(a)의 배율이 600배, 그림 2(b)의 배율이 400,000배로 그림 2(a)의 끝부분을 확대한 그림이다. 그림 2(c)에서 알 수 있듯이 곡률반경이 대략 200 ~ 300 \AA 이다. 그림 3은 전자빔 발생장치이다. ~300 V에서 전자빔이 발생되었으며, 총방출전류량에 대하여 5%의 안정도를 보였다. 그림 4는 Fowler-Nordheim(FN) 곡선이다. 실험에서 구한 FN곡선을 이용하여 계산 바늘 전극의 곡률반경은 ~220 \AA 이다.

3. 결과

전기화학적 식각방법을 이용하여 바늘 전극의 곡률 반경이 200~300 \AA 인 초미세 바늘 전극의 제작하였으며, 제작된 초미세 바늘 전극을 사용하여 전기장 방출 전자빔의 전류 - 전압 특성과 전자빔 방출시의 안정도 등을 측정하였다. Fowler-Nordheim 공식을 이용하여 실험적으로 결정한 곡률 반경(~220 \AA)과 이온현미경 사진(그림 2(c))에서 구한 곡률반경(200~300 \AA)의 크기가 잘 일치하였다.

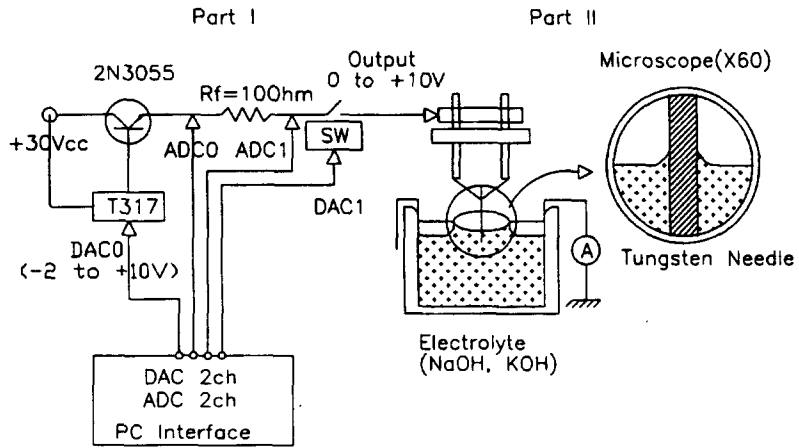
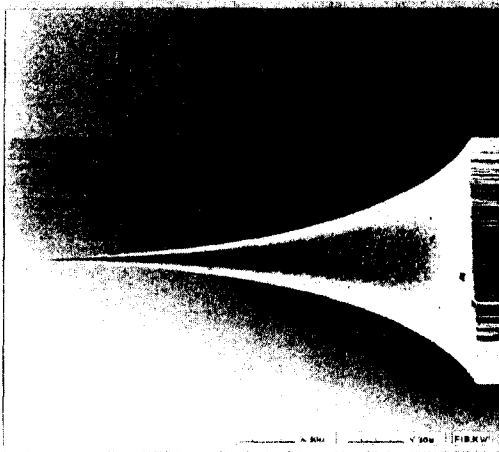
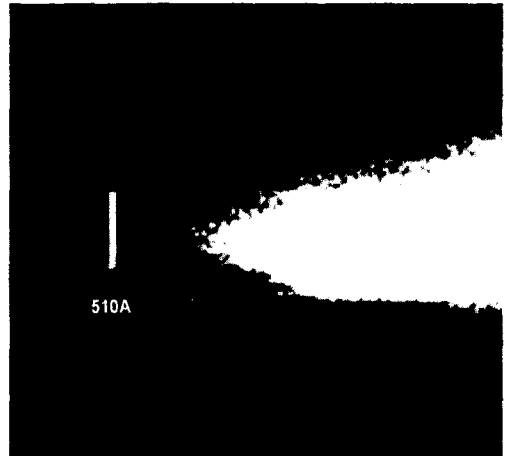


그림 1. 전기화학적 시각장치의 개략도



(a)



(b)

그림 2. 초미세 바늘 전극의 현미경 사진

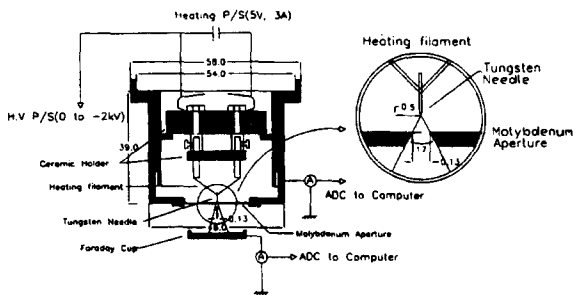


그림 3. 전자빔 발생장치 개략도

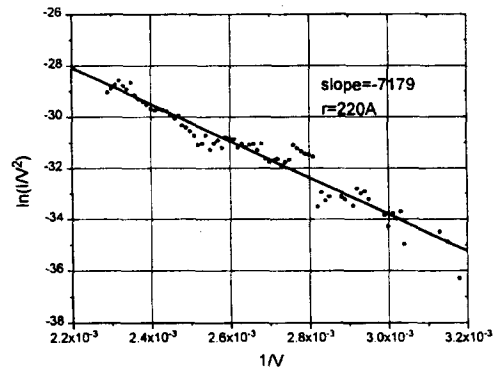


그림 4. Fowler-Nordheim 곡선