

Field emission characteristics of single carbon nano tube by in situ measurement and monitoring

민봉기, 남효관, 장훈식*

영남대학교 중앙기기센터

* 한국표준과학연구원 전자소자그룹

1. 서론

탄소 나노 튜브(Carbon Nano Tube : CNT)는 전기적, 물리적, 기계적, 화학적인 물성에서 우수한 특성을 가지고 있어서 이를 응용하기 위한 많은 연구가 진행되었다.[1-3] 현재는 21세기 선도 기술로 주목 받고 있는 나노미터 크기의 극미세 영역을 기반으로 하는 나노 테크놀로지를 대표하는 전략 핵심 소재 중의 하나로 각종 장치의 전자방출원, 백색광원, FED(Field emission display), 리튬이온 2차 전지전극, 수소저장 연료전지, 가스센서, AFM/STEM tip 등과 같은 소재로서 이용할 뿐만이 아니라 적용 제품을 통해서도 실용화 단계에 접어들고 있다.[4-6]

첨단 정보화 시대에는 지금까지 표시소자로 이용되어온 CRT(Cathode ray tube)의 뒤를 이어서 LCD(Liquid crystal display), LED(Light emitting diode), PDP(Plasma display panel)가 상용화 되어져 있으며 차세대 정보 디스플레이 소자로 FED(Field emission display)가 가장 크게 주목 받을 것으로 예상 된다. 이러한 FED의 에미터 팁의 재료로 실리콘, 몰리브덴 팁이 연구되어 졌으나 수명, 안정성 및 전자 방출 효율이 좋지 못하였기 때문에 탄소 나노 튜브를 이용한 에미터 팁의 연구가 절실한 실정이다.

본 연구에서는 탄소 나노 튜브가 전계 방출자로서의 적용에 있어서 탄소 나노 튜브 한 가닥에 대한 전계 방출 능력을 평가하고자 한다. 나노 매니퓰레이터를 주사 전자 현미경(SEM) 시료실 내부에 장착해서, 실시간(In-situ)으로 탄소 나노 튜브의 전계방출 특성을 측정하고 주사전자현미경 (SEM)을 통해서 관찰하고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에서 사용되어진 탄소 나노 튜브는 PECVD 장치를 이용하여 제조 하였다. 스퍼터를 이용하여 실리콘 기판 상에 30nm 두께로 촉매 Ni 를 증착한 후, 이어서 촉매 금속이 증착된 기판을 반응로 안에 장입한 후 500℃의 온도에서 암모니아(NH₃) 분위기

에서 열처리를 실시하였다. 촉매금속을 100 nm 이하인 미세한 크기의 나노 입자로 형성 시킨 후, 이어서 아세테린(C_2H_2)을 반응로 내부로 공급하여 탄소 나노 튜브를 성장시켰다.

탄소 나노 튜브의 전계 방출 특성을 측정하기 위하여 나노 단위로 3축(X, Y, Z) 방향으로 조절이 가능한 나노 매니퓰레이터(Nano-Manipulator MM3A-EM, Kleindiek Nanotechnik, Germany)를 이용하였다. 또한 탄소 나노 튜브의 한 가닥의 전계 방출 특성을 실시간으로 관찰하기 위하여 전계 방출형 주사 전자 현미경(FE-SEM : S-4200, Hitachi, Japan)을 이용하였다.

먼저 나노 매니퓰레이터를 주사 전자 현미경 내부에 장착한 후 탄소 나노 튜브가 성장된 시료를 나노 매니퓰레이터에 수직인 방향으로 장입하였다. 전자현미경으로 시료를 관찰하면서 나노 매니퓰레이터와 전자현미경 시료대를 조절하여 탄소 나노 튜브 한 가닥과 나노 매니퓰레이터의 음극(Cathode)이 수직하도록 위치시킨 후 다양한 전압과 전류를 인가하여 탄소 나노 튜브의 전계 방출 특성을 실시간(In-suit)으로 측정하면서 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 탄소 나노 튜브의 전계 방출 특성 측정을 위한 모식도로 탄소 나노 튜브 한 가닥과 음극(Cathode) 사이에 전류-전압을 인가할 수 있는 장치 및 나노 단위로 이동이 가능한 나노 매니퓰레이터의 실물을 나타내고 있다. 그림 2는 주사 전자 현미경 시료실에 장착된 나노 매니퓰레이터 및 전계 방출 특성의 측정을 위하여 탄소 나노 튜브와 근접한 상태의 전자현미경 사진이다.

그림 3은 탄소 나노 튜브의 전계 방출 특성을 나타내었다. 그림에서와 같이 탄소 나노 튜브 한 가닥에 대해서 문턱 전압이 약 17V 정도였으며, 총 전류값은 $\sim 10^{-6}A$ 이었다.

4. 결론

나노 매니퓰레이터와 전자 현미경을 이용하여 탄소 나노 튜브 한 가닥에 대한 전계 방출 특성을 실시간으로 측정 및 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 탄소 나노 튜브 한 가닥에 대한 문턱 전압이 약 17V 정도였으며, 총 전류값은 $\sim 10^{-6}A$ 이었다.

2. 나노 매니퓰레이터와 주사 전자 현미경을 이용하여 탄소 나노 튜브 한 가닥에 대한 전계 방출 특성을 실시간으로 측정 및 관찰 할 수 있었다.

참고문헌

1. S. Iijima, Nature 354 (1991) 56.
2. M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, and P. C. Eklund, *Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes*, (Academic Press Inc., 1996), Chapter 19, and references therein.
3. P. Delaney, H. J. Choi, J. Ihm, S. G. Louie, and M. L. Cohen, Nature 391 (1998) 466.
4. W. A. de Heer, A. Chatelain, and D. Ugarte, Science 270 (1995) 1179.
5. S. J. Tans, R. N. Verschueren, and C. Dekker, Nature 393 (1998) 49.
6. C. Liu, Y. Y. Fan, M. Liu, H. T. Cong, H. M. Cheng, and M. S. Dresselhaus, Science 286 (1999) 1127.

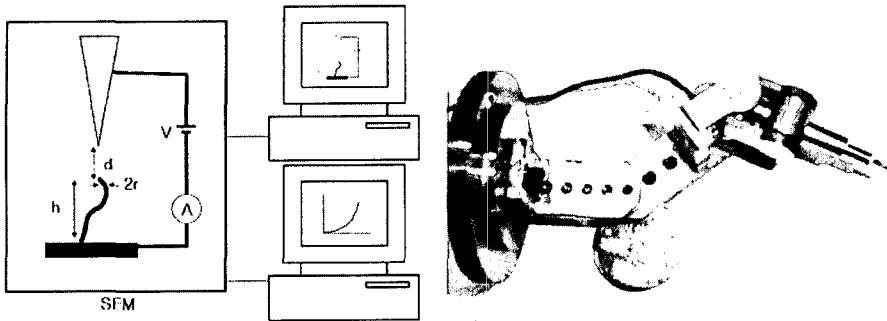


그림 1 탄소 나노 튜브의 전기 방출 특성 측정을 위한 모식도 및 나노 단위로 이동이 가능한 나노 매니퓰레이터.

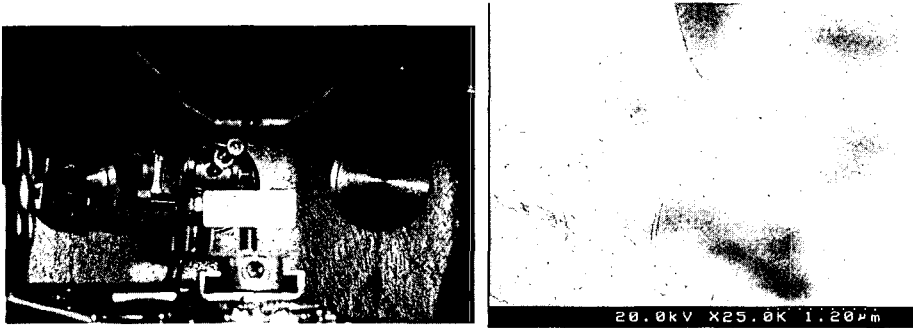


그림 2 주사 전자 현미경 시료실에 장착된 나노 매니퓰레이터 및 탄소 나노 튜브와 근접한 전자 현미경 사진.

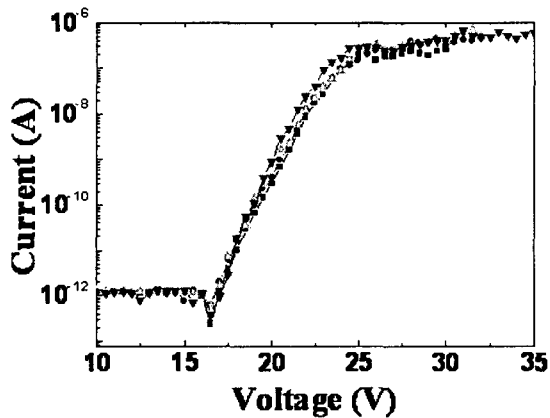


그림 3 탄소 나노 튜브의 전기 방출 특성.