

열화학기상합성법을 이용한 탄소 나노튜브의 밀도 제어 및 전계방출 특성
(Density control and field emission characteristics of carbon nanotubes grown
by thermal chemical vapor deposition)

세종대학교 공병윤, 김범권, 선전영, 이내성
삼성종합기술원 김원석, 허정나, 김종민

1991년 일본 NEC의 Iijima가 탄소 나노튜브를 발견한 이후, 1995년 Smalley와 De Heer에 의해 탄소 나노튜브의 우수한 전계방출 특성이 보고되면서 탄소 나노튜브를 새로운 전계방출 물질로 응용하기 위한 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 탄소 나노튜브의 전계방출 연구는 대부분 시장규모가 클 것으로 예상되는 field emission display(FED)의 cathode에 집중되고 있다. FED cathode는 현재 탄소 나노튜브 페이스트를 스크린 프린팅하여 대면적화를 이루고자 하는 방향과 탄소 나노튜브를 기판 위에 chemical vapor deposition(CVD)로 증착하여 고정세화와 저전압 구동을 이루고자 하는 방향으로 진행되고 있다.

본 연구에서는 n-type Si기판 위에 버퍼층인 Ti(50nm)와 촉매층인 Ni(10nm)를 rf magnetron sputter로 증착시킨 후 rapid thermal CVD(RTCVD)을 이용하여 탄소 나노튜브를 합성하였다. Ar 분위기(1000sccm)에서 성장온도인 650℃까지 12분 간 승온한 후, Ar을 캐리어 가스로 흘려주며 반응가스인 C₂H₂를 400sccm으로 주입시켜 4torr에서 20분간 탄소 나노튜브를 성장하였다. 합성된 탄소 나노튜브의 morphology는 촉매에 매우 민감하였으며, 촉매의 형상은 버퍼층으로 사용한 Ti의 형상에 큰 영향을 받았다. Ti 증착 시의 rf sputter power가 증가(100-200W)됨에 따라 탄소 나노튜브의 밀도가 급격히 감소하였다. 이는 rf power의 증가에 따라 Ti입자의 크기가 증가하고 그 위에 증착된 Ni 입자가 커지기 때문인 것으로 분석되었다. 또한 고밀도로 성장된 탄소 나노튜브의 밀도를 감소시키기 위해 650℃에서 미량(1sccm)의 O₂를 주입시켜 탄소 나노튜브를 에칭 함으로써 시간에 따라 나노튜브의 길이와 밀도를 조절하였다. 이렇게 밀도가 제어된 탄소 나노튜브의 전계방출특성을 측정한 결과 밀도가 감소함에 따라 turn-on 전압이 감소하고 방출전류의 양이 증가하였다. 탄소 나노튜브는 일반적으로 전계방출 초기에 높은 전류 fluctuation을 보이므로 이를 감소시키기 위해 9.4V/μm의 전계에서 aging을 시켰다. 전류 fluctuation은 측정초기의 7.5μA(표준편차)에서 4시간 후 2μA로 감소하였다. Aging에 의해 전류의 fluctuation은 상당히 감소하였으나 전계방출 turn-on 전계는 증가하였다.