

탄소나노튜브를 이용한 FED에서의 전계 전산모사

Electric Field Simulations on FED using Carbon Nanotubes

김재명 · 노광수
한국과학기술원 재료공학과

1. 서론

탄소나노튜브(CNT)는 work function이 작고 전계집중효과가 크기 때문에 FED(Field Emission Display)의 전자방출원으로 응용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구는 FED의 기본인 diode type에서 CNT의 밀도에 따른 전계집중현상을 도식적으로 이해하고 edge emission을 줄이면서 최대의 전자방출이 일어나는 조건을 찾기위해서 electric field simulation을 해 보았다.

2. 실험 방법

Simulation에 사용한 program은 MATLAB™(Math works, Inc.)과 MATLAB 기반으로 작성된 FEMLAB™(Comsol, Inc.)을 사용하였다. 무한히 평행한 두 전극 사이에 일정한 길이의 CNT가 일정한 간격으로 배치되어 있다고 가정하고, 각각의 CNT tip에 걸리는 전위(V), 전계(E)를 계산하였다. 먼저 CNT의 간격을 변화시키면서 각각의 CNT tip에 걸리는 전위와 전계를 구하고 전류방출량을 계산하여 최적의 CNT 간격을 구하였다. CNT tip과 상전극 사이의 거리를 cell-gap 이라고 하는데, cell-gap을 변화시키면서 같은 작업을 하여 최적의 cell-gap을 구하였다. 실제의 전극들은 일정한 길이를 갖는 유한전극이므로, 실제조건과 비슷한 길이를 갖는 유한전극위에 CNT를 배치시켜서 위와 같은 작업을 통하여 최적의 CNT 간격과 cell-gap을 구하였다. 유한전극의 경우에는 전극의 끝에 전계가 집중되기 때문에 대부분의 전자방출이 전극 끝에서 일어나는 edge emission현상이 심하게 일어나는데, 이런 edge emission을 줄이는 조건에 대해서 조사하였다.

3. 실험 결과

전계방출 전류밀도는 CNT 간격과 관계가 깊었는데, CNT 길이의 2-3배 정도 간격이 떨어졌을 때 최대의 전류밀도를 보였다. CNT의 간격이 너무 좁으면 인접한 CNT 상호 간의 screening effect 때문에 CNT tip에 걸리는 전계가 작아져서 안 좋고 CNT 간격이 너무 넓으면 각 tip에 걸리는 전계는 증가하지만 emission에 참여하는 CNT의 숫자가 작아지기 때문에 전류밀도가 작아진다. 전극의 중앙과 주변에 걸리는 전계를 simulation 해 본 결과, edge emission은 cell-gap과 깊게 연관됨을 확인했다. Cell-gap이 작을수록 edge emission은 감소하지만 너무 낮은 cell-gap에서는 short나 arcing의 우려가 있으므로 적당한 cell-gap은 CNT 길이의 2-3배로 추정된다.