

# 컴퓨터 모델링을 이용한 탄소나노튜브(CNT)기반 엑스선 광원의 포커스 전극 최적화

## Optimization by Computer Modeling of Focusing Electrodes of CNT Based X-ray Source

손채화, 최해영, 김종욱

한국전기연구원 차세대 X선 의료기기 연구그룹

chshon@keri.re.kr

탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)가 발견된 이래로 탄소나노튜브의 우수한 물리화학적 특성 혹은 전기 및 기계공학적인 강점 때문에 오래전부터 많은 연구자들에 의해 연구되어 왔으며 오늘날 주로 전기진공소자(electronic vacuum device)분야에 많이 응용연구되고 있다. 이러한 CNT의 응용분야 중에는 field emission display, 및 LCD backlight unit, microwave amplifier, lighting lamp 등이 있다<sup>(1)</sup>.

본 연구에서는 생체의료영상연구에 활용할 목적으로 탄소나노튜브의 냉음극(cold cathode) 전계방출 특성을 이용하여 탄소나노튜브 (CNT)를 전자 방출원(electron emitter)으로 활용하는 새로운 개념의 x-ray 광원을 개발하여 그 특성을 면밀히 분석하였다<sup>(2)</sup>. 먼저, 개발된 CNT x-ray 광원을 구성하는 요소 및 주요 파라메타에 대한 자세한 정보는 그림 1에 상세히 표시하였다. x-ray 광원은 기본적으로 양극 및 음극, 그리드 전극으로 이루어진 3중 전극의 형태를 갖추고 있으며 여기에 전자빔을 집속하기 위한 전자빔집속렌즈(electrostatic focusing lens)가 설치되어 있으며 전극 상호간의 간격은 그림 1에 나타나 있다. 그리드 전극은 CNT emitter로부터 전자를 방출시키기 위한 전극으로 mesh 형태의 금속(SUS304)으로 제작되었다.

이 가운데서 포커스 전극의 역할은 CNT 에미터에서 생성되어 방출되는 전자를 집속하여 주는 역할을 담당하고 있다. 집속된 전자빔의 직경에 따라서 방출되는 X선의 직경의 크기가 결정되고 이는 X선 장치의 분해능과 직접적으로 관련되어 있다. 또한 집속되는 전자빔의 전류량에 따라서도 분해능 및 해상도가 좌우되게 된다. 그러므로 포커스 전극의 역할은 X선 장치에서 아주 중요한 위치를 차지하고 있다. 이러한 포커스 전극은 기존의 X선 발생장치에서도 많이 연구되어져 왔다. 따라서 이를 이용하여 본 연구진이 사용하는 장치에 적합한 최적화된 포커스 전극을 개발하기 위하여 컴퓨터 모델링을 이용하여 연구를 진행하였다.

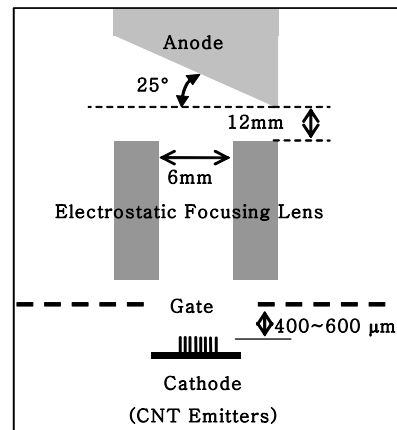
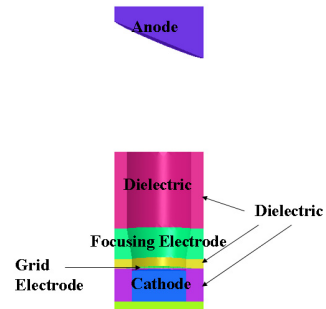


그림 1 CNT 기반의 x-ray 광원의 기본 구조도. 양극 및 음극(CNT), 그리드(gate mesh), 전자집속렌즈의 구조로 되어 있다.

그림 1에서는 한 개의 포커스 전극을 이용한 전자빔을 집속시켰으나 최적화를 위하여 간단하면서도 전자의 손실이 적은 구조를 만들기 위하여 Pierce 타입의 전극 구조를 이용하였다. Pierce 타입의 전극 구조는 그림 2에 나타난 바와 같이 전극에 각도를 주어 이로 인해 생성되는 전기장의 세기 변화 없이도 전자가 집속 되도록 한 것이다. 모델링에서는 음극을 접지하고 양극에는 40kV의 전압을 가하였고 그리드 전극에는 1~2kV, 포커스 전극에는 1~3kV의 전압을 가하여 최적화된 전압을 도출하도록 하였다.



이러한 전극 구조를 이용할 경우 그림 1에 나타난 바와 같이 일직선으로 된 전극 구조에 비해서 집속 효율이 높아지는 장점이 있다. 또한 전자의 포커스 전극으로의 손실도 줄일 수 있는 이점이 있어서 시스템의 효율이 좋아지게 된다. 그림 1과 그림 2에 나타난 형태의 포커스 전극을 이용하여 얻어진 전자빔 궤적의 대표적인 시뮬레이션 결과가 그림 3에 나타나 있다. 그림의 왼쪽이 CNT 표면에 해당하고 오른쪽 끝이 양극에 해당한다. 음극 표면에서 전자가 전극에 의해 생성된 전기장에 의해 집속되는 결과를 보여주는데 그림 3(a)에서는 그림 1과 같이 1자형태의 전극을 사용하였고 그림 3(b)에서는 Pierce 타입의 기울기 (이 결과에서는  $\theta=80^\circ$ 의 경우)를 가진 포커스 전극에 대해서 시뮬레이션 하였다. Pierce 타입의 전극을 사용할 경우 이처럼 포커싱 효과를 향상시킬 수 있었고 이에 대한 결과를 본 학회에서 보고할 예정이다.

그림 2 Pierce 타입 포커스 전극을 이용한 X선 발생장치

This work was supported by grants from Seoul R&BD program with contract number #CR070054.

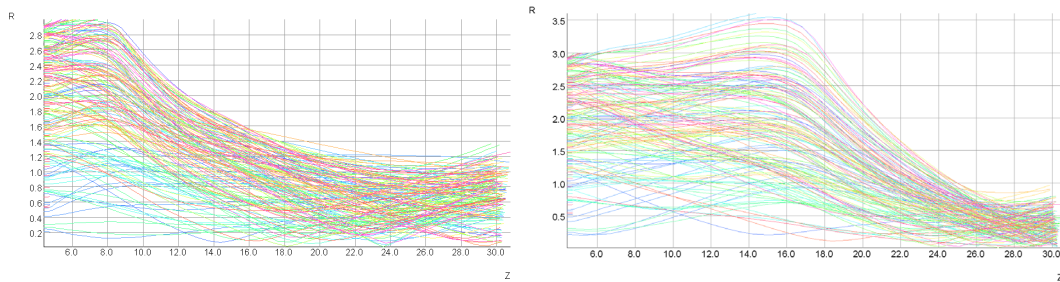


그림 3 포커스 전극의 형상에 따른 전자빔의 궤적 비교 (a) 그림 1의 경우에 대한 전자빔 궤적 ( $\theta=90^\circ$ ) (b) 그림 2의 Pierce 타입의 전극에 대한 전자빔 궤적 ( $\theta=80^\circ$ )

참고문헌

- 1 K. Tanaka, T. Yamabe, K. Fukui, the Science and Technology of Carbon Nanotube, Ed., p. 40 (1999).
- 2 H. Y. Choi, J. U. Kim, "Improvement of Emission Current by Using CNT Based X-ray Tube," Proceeding of MRS Fall Meeting, Boston, MA. USA, 0963-Q10-50,