

초소형 X-선 튜브용 탄소나노튜브 전자빔 에미터의 제작 농도 및 표면처리에 따른 전자 인출 특성 변화

하 준 목 · 허 성 환 · 김 현 진 · 조 성 오*

한국과학기술원 원자력 및 양자공학과

*E-mail: socho@kaist.ac.kr

중심어 : 초소형 X-선 튜브, 탄소나노튜브 전계방출원, 탄소나노튜브 농도, 금속 나노입자 바인더, Tape 처리

서 론

암에 대한 기존의 방사선 치료는 Bragg peak effect를 고려하여 운영하더라도 암 전, 후에 존재하는 정상세포에 대한 피해를 완전히 막기는 어렵고, 현대 사람들의 방사선에 대한 두려움의 증가는 이러한 기존의 방사선 치료 방법에 대한 개선을 요구하고 있다. 이에 대한 대안으로 근접암치료 기술 및 조직 내 방사선치료 기술이 고려중인데, 조직 내 방사선 치료 기술은 인체에 Iodine-125나 Pallidium-103 등의 방사성 동위 원소 선원을 조직 내로 직접 삽입하여 치료하려는 기술로 시술자/환자의 방사선 피폭과 비용 면에서 위 문제에 대한 획기적인 해결책으로 보여 지지 않는다.

기기를 암 또는 근접부위까지 삽입한 후 소량의 방사선만으로 암을 치료하는 초소형 X-선 튜브는 발생 X-선의 에너지가 50 keV 내외로 한정된다. 하지만 전기적 전원 제어가 가능하고, 대량 생산성과 방사선 안전성에 있어 방사성 동위원소에 비해 뛰어나기 때문에 근접암치료를 위해서 방사성 동위원소를 대체할 X-선원으로 개발되고 있다.

기존 15 kV급의 반사형 타겟을 이용한 탄소나노튜브 기반 소형 X-선 튜브는 보고된 바 있으나[1,2] 발생 X-선 에너지와 선량이 낮아 암치료용으로 적합하지 않는다.

본 연구는 외경 7 mm의 진공 밀봉된 초소형 X-선 튜브 제작에 앞서 초소형 X-선 튜브에 바로 적용할 수 있는 가속전압 50 kV, 타겟전류 0.1 mA 급의

소형 이극관형 전자총의 전자빔 발생 특성, Tip 제조 시 탄소나노튜브(CNT)와 은 나노물질(AgNP)의 농도 비 및 Tape 처리 전, 후의 특성 변화에 대한 것이다.

재료 및 방법

탄소나노튜브 전계방출원은 외경 0.3 mm의 텅스텐 와이어에 isopropyl alcohol 용매를 이용하여 CNT의 농도비를 변화하면서 drop coating법[3]으로 Tip을 제작하였으며, 각 농도에 따른 특성 변화는 아래 그림 1에 나타내었다.

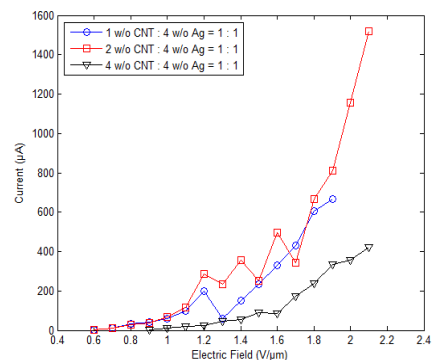


그림 1. 탄소나노튜브의 농도비 변화에 따른 특성 변화

CNT와 AgNP의 비는 일정하게 유지하면서, CNT의 절대량을 변화시켜 보았다. 초소형 이극관형 전자총은 탄소나노튜브 전계방출원 음극과 진공 접합용 Kovar를 가공한 외경 4 mm의 집속전극, 양극 (투과형 X-선 타겟, ZnS 코팅 ITO glass)로 구성되어 있고, 각 샘플에 대한 인가 전압을 조절하여 발생하는

전자빔의 전류를 측정하였다.

두 번째 실험은 마지막 단계에서 Tape[4]를 이용하여 텅스텐 와이어 위에 CNT를 세워 특성 변화를 측정해보았다.

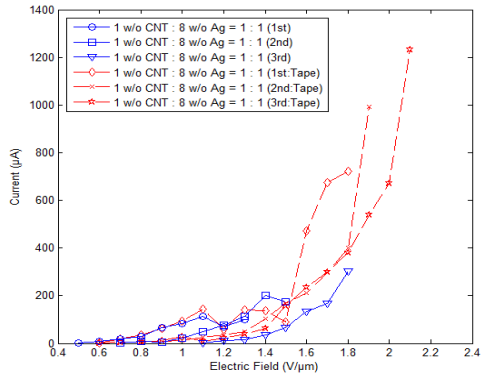


그림2. Tape 처리 전, 후의 Tip의 특성 변화

Tape 처리 전, 후의 CNT와 AgNP의 농도비는 고정시켰으며 3번에 걸쳐 실험을 진행하였다. 상기 두 전자빔 발생 실험은 10^{-6} Torr의 기초진공이 배기된 진공챔버에서 이루어 졌다.

결과 및 고찰

그림1의 농도비 변화에 따른 특성 변화는 CNT의 양을 isopropyl alcohol 용매와 2:8 혼합 할 시에 좋은 효과를 보이는 것으로 여겨진다. 충분한 반복실험을 통해 CNT와 isopropyl alcohol, AgNP 각각에 대한 농도비를 최적화할 필요가 있고, 혹은 다른 물질을 이용한 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

두 번째 Tape 처리에 따른 Tip 특성의 변화에서는 그림2에서 보이는 바와 같이 초기 제작 시에 측면으로 적층되어 있던 CNT들이 세워지는 효과를 볼 수 있다. 측면 적층 시 밀도 증가에 따른 가림효과 등을

Tape를 이용한 세워진 형태의 CNT가 되었을 시에 가림효과를 줄여주고, 기존의 많은 연구에서 보고된 바와 같이 세워진 Tip에서의 강한 전류 방출을 보이는 것으로 고려된다. 이것 또한 충분한 반복실험을 통해서 확실한 효과를 정리할 수 있어야 할 것이다.

결론

CNT와 isopropyl alcohol 용매의 농도비가 2:8일 때 높은 전류 방출을 보였으며, Tape 처리로 인한 CNT의 세워지는 효과가 인가 전압 증가 시의 방출 전류의 그래프 변화로 보여 졌다. CNT 가림효과 또는 세워짐 효과는 효율에 강한 영향을 미치는 것으로 고려되고, 반복연구로 인한 정확한 증명확보와 CNT의 묶음 처리 혹은 다른 처리 등을 이용한 효율 증가를 모색해야 할 것이다.

참고 문헌

1. A. Haga, S. Senda, Y. Sakai, Y. Mizuta, S. Kita, and F. Okuyama, *Applied Phys. Lett.* 84, 2208 (2004).
2. S. Senda, Y. Sakai, Y. Mizuta, S. Kita, and F. Okuyama, *Applied Phys. Lett.* 85, 5679 (2004).
3. S. H. Heo, A. Ihsan, S. H. Yoo, G. Ali, S. O. Cho, *Nanoscale Res. Lett.* 5 (2010).
4. T. J. Vink, M. Gillies, J. C. Kriege and H. W. J. J. Vand de Laar, *Applied Phys. Lett.* 83, 3552 (2003)