

# 초소형 전자빔 array에 적용 가능한 탄소 나노튜브 전자방출원 제작

엄보세<sup>1</sup>, 한창호<sup>1</sup>, 전국진<sup>1</sup>, 염민형<sup>2</sup>, 양지훈<sup>2</sup>, 박종윤<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>서울대학교 전기공학부, <sup>2</sup>성균관대학교 물리학과

## Carbon nanotubes field emission tip for micro sized E-beam array system

Bose Eom<sup>1</sup>, Changho Han<sup>1</sup>, Kukjin Chun<sup>1</sup>, Minhyung Yum<sup>2</sup>, Jihun Yang<sup>2</sup>, Chongyun Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Sungkyunkwan University

E-mail : <sup>1</sup>bose@mintlab.snu.ac.kr, <sup>2</sup>greygust@hanmail.net

### Abstract

In this paper, I propose the field emission tip for the E-beam array system that is made by carbon nanotubes(CNT).

CNT is one of the most expected future materials, because of its great mechanical, chemical and electrical characteristics. So CNT can be used for many applications such as electron emitter, sensor, single electron transistor and AFM tip.

And CNT will be applied to our E-beam array system as field emission tip so we will improve the system's electrical characteristics.

### I. 서론

1991년 NEC Thukuba 연구소의 S.Ijima에 의해 탄소나노튜브가 발견된 이래로 이것의 전기적, 기계적 그리고 열적 우수성에 의해 세계 각지의 수많은 연구 그룹들이 다양한 분야에 이것을 적용하기 위해서 연구 중이다. 특히, 탄소나노튜브의 높은 종횡비와 탁월한 전류 수송 능력으로 인해 CRT 만큼 좋은 화질을 제공할 수 있는 FED, 형광등을 대체하기 위한 광원, 그리고 E-Beam Lithography 전자 방출원 등에 적용을 위해 연구가 활발히 진행 중이다.

또한 반도체 소자의 집적도가 올라갈수록 동일한

면적에 보다 많은 수의 소자를 집적하기 위해 미세한 패턴을 형성하는 기술이 필요하게 되었고 이것을 실현하기 위한 많은 Lithography 기술들이 대두 되었다. 그러한 것 중 대표적인 방법이 Electron Beam Lithography 기술이다.

### II. 본론

현재 우리 그룹이 연구 중인 초소형 E-beam system, microcolumn은 한 개의 전자 방출원에서 10uA의 안정적인 전류 방출을 요구하고 있고 이를 만족하기 위해 탄소나노튜브를 전자방출원으로 적용하고자 한다[1].

Single-walled Carbon nanotubes의 경우 turn-on voltage는 1~3V/um로 간단한 산술적 계산만으로도 현재의 시스템을 최대 100배까지 개선할 수 있는 여지가 있다고 하겠다[2].

V-I characteristic을 개선하기 위해서는 전자방출원의 aspect ratio가 높아야 하며 방출원 자체적 재료적인 특성 우수하여야 하며, 방출원과 substrate의 adhesion 특성이 좋아야 한다. 특히, aspect ratio는 V-I 특성 결정에 지대한 역할을 하고 있으며, 우리 연구 그룹은 이 값을 높이는 것을 목표로 실험을 진행 중이다. Adhesion layer

로는 Cr을 사용 중이며 catalyst는 Ni을 사용 중이다. CNT의 높이는 1~2um로 성장을 시킬 예정이며 성장 방법은 직진성을 보장하기 위해 PECVD 방법을 사용 중이다.

그리고 E-Beam Lithography에서 proximity effect를 최소화 하여 구현 가능한 pattern size를 최소화 하기 위해서는 Beam의 집속도가 높아야 한다. 이를 위해 gate 위에 second gate 두어 Beam의 집속도를 높이고 aperture를 통해 빠져 나갈 수 있는 전류량을 증가시킴으로써 궁극적으로 deflector와 lens을 통과하는 전류량을 증가시킴과 동시에 Beam size를 작게 하여 전류의 손실을 최소화 하고 구현 가능한 pattern size를 작게 하고자 한다[3].

### III. 구현

그림 1은 현재 실험 중인 Emitter 부분의 구조를 나타내고 있다. Electrode 겸 adhesion layer로 Cr를 사용할 예정이며 gate와의 절연층으로 SiO<sub>2</sub>를 그리고 gate를 Cr으로 구성할 예정이다.

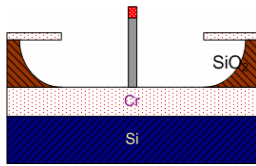


그림 1 Gate가 포함된 emitter 구조

Catalyst 사용되는 Ni의 dot size가 100에서 300nm이고, 두께가 7nm이면 CNT를 하나 성장시킬 수 있는 확률이 각각 100%에서 88%에 이른다[4]. 그림 2는 dot size를 200nm로 하여 gate를 patterning한 결과이다.

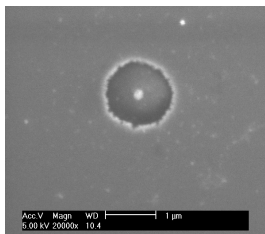


그림 2 Gate patterning 결과

우리는 dot size를 200nm 이하로 디자인하여 CNT 성장 밀도를 최대한 낮게 가져감으로 인해 전류 방출 특성을 향상시키고자 한다. 그림 3은 PECVD 성장 조

건(NH<sub>3</sub> 40sccm, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 10sccm, 600°C, 5.2torr)에서 10분 동안 성장시킨 것으로 약 1um 성장 결과를 보여 주는 것이다.

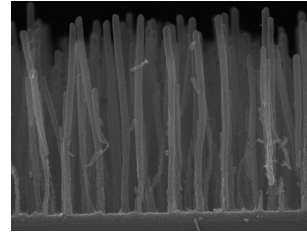


그림 3 Multi-walled CNT 성장 결과

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

차후 Ni catalyst dot size 조절을 통해 한 개의 CNT 성장을 목표로 실험을 진행 중이며 이를 바탕으로 First gate, second gate 그리고 aperture 구조를 확립 후 CNT를 성장시켜 전자 방출의 특성 및 beam의 집속도를 확인할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] Hak Kim, Changho Han, Jinkwang Kim, Hoseob Kim, Kukjin Chun, "Full MEMS monolithic microcolumn for wafer-level arrayal", JOURNAL OF VACUUM SCIENCE & TECHNOLOGY B, Vol.22, No.6, p.2912-2916, Dec.2004
- [2] 주병권, "탄소나노튜브 전자방출원을 이용한 디스플레이 및 광원 기술", 제어·자동화·시스템공학회지, 2004
- [3] Tae Sik OH, "A Field Emission Display with an Asymmetric Electrostatic-Quadruple Lens Structure", The Japan Society of Applied Physics, 2005
- [4] Teo, K. B. K.; Lee, S.-B.; Chhowalla, M.; Semet, V.; Binh, V. T.; Groening, O.; Castignolles, M.; Loiseau, A.; Pirio, G.; Legagneux, P.; Pribat, D.; Hasko, D. G.; Ahmed, H.; Amaratunga, G. A. J.; Milne, W. I. Nanotechnology 2003, 14, 204-211.