

CNT의 Display 응용



Six Sigma

삼성SDI 중앙연구소

전자재료개발팀

김재명 책임

목 차

1

CNT 소개

2

FED 소개

3

CNT의 Display 응용

4

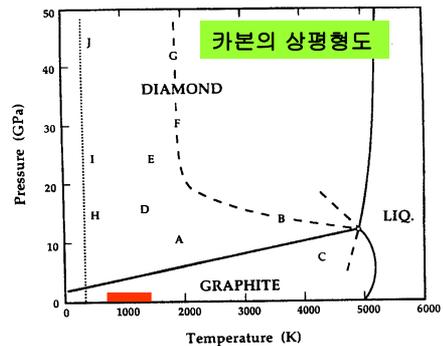
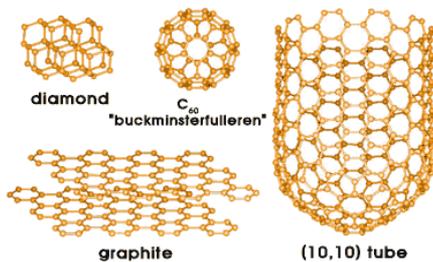
최신 동향

5

CNT 연구 (SDI)

■ CNT 란?

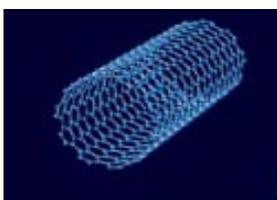
- 탄소나노튜브(carbon nanotube: CNT)는 1991년 NEC의 Iijima박사에 의해 발견.
- Nanotube라 부르는 이유는 직경이 대략 nm 단위로 작고, 흑연 판상구조를 임의의 축을 중심으로 감았을 때 실린더 모양의 구조를 나타내기 때문.
- CNT 는 구조의 비등방성이 크며 (직경: 수~수백 nm, 길이: 수~수백 μm), 홑벽(singlewall), 여러겹(multiwall), 다발(ropes) 등의 다양한 구조가 있음.



■ CNT 합성방법

- 전기 방전법 (Arc-discharge)
- 레이저 증착법 (Laser vaporization)
- 플라즈마 화학 기상 증착법 (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)
- 열화학 기상 증착법 (Thermal Chemical Vapor Deposition)

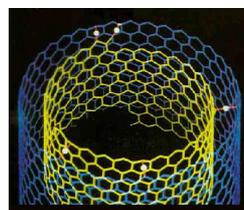
■ CNT의 종류



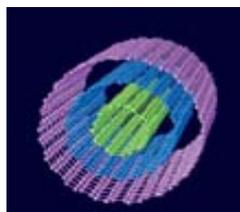
Single-walled carbon nanotube



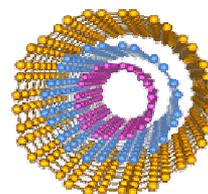
Double-walled carbon nanotube



Double-walled carbon nanotube



Multiwalled carbon nanotube



Properties of SWNTs

Mechanical properties

- Low density: 1.33-1.4 g/cc (Al 2.7 g/cc)
- High Tensile strength: 45×10^9 Pa (steel 2×10^9 Pa)
- High Resilience: does not fracture

Electrical properties

- High Current density: 10^9 A/cm² (Cu: 10^6 A/cm²)
- High Field emission(turn-on field): 1-3V/ μ m (Mo: 50-100V/ μ m)

Thermal properties

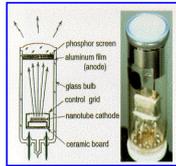
- High Heat Transmission: 6kW/mk (Diam.: 3.3kW/mK)
- High Temperature stability: 750-2800°C

삼성SDI 사업영역

CNT 응용



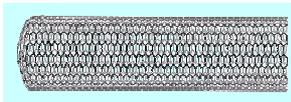
FED



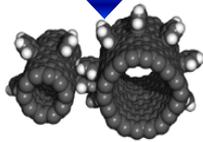
CRT 램프/
LCD BLU



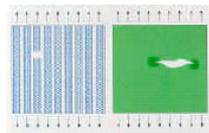
Fuel cell



탄소 나노튜브
(10억분의 1 미터)



MEMS



복합재료/실



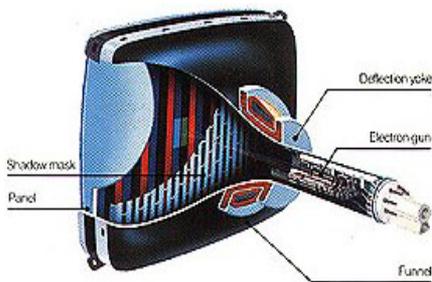
고강도 전선



고용량
memory

FED란?

1. CRT 와 유사한 동작원리를 가지는 진공 Device
2. CRT 화상 품위과 LCD 평판 Display 특성을 동시에 가지는 영상 Device
3. Passive 구동에 의한 중대형 Display 대응이 가능한 Device



전자방출원: 3원염 ($\text{BaCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{SrO}_3$)

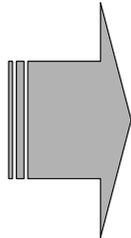
전자방출: 탄소계열 신물질 (CNT:Carbon NanoTube)

영상표시: 방출된 전자빔을 DY로 Scan

영상표시: Matrix Addressing에 의해 전자빔을 구동

FED의 특징점

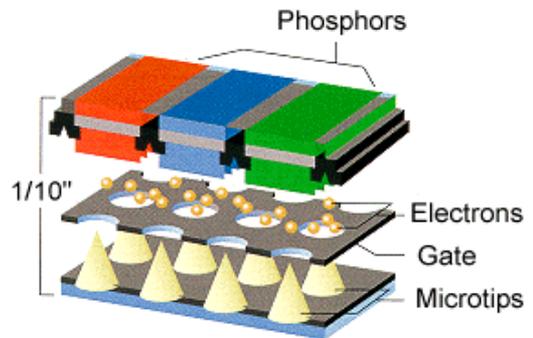
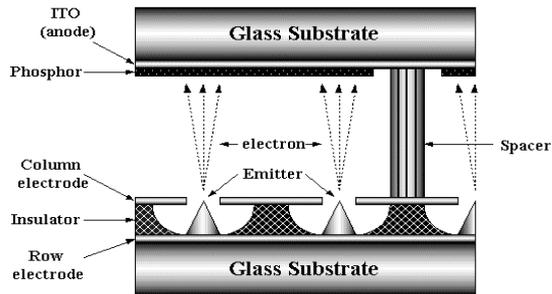
No Backlight
No Polarizer
No Liquid Crystal
No TFT
No Color Filter



Perfect Moving Image
Low Power Consumption
Wide Viewing Angle
Wide Operating Temp.
CRT Color Purity
High Brightness
Slim & Light

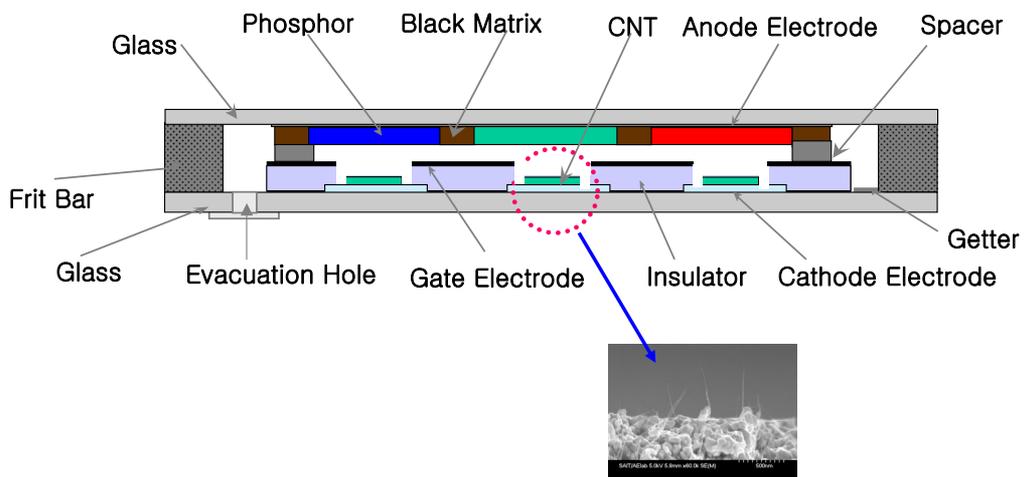
Classification of FED Panel Technology

1. Micro-Tip 방식

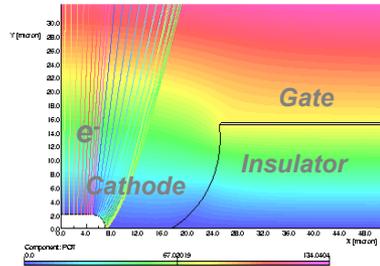
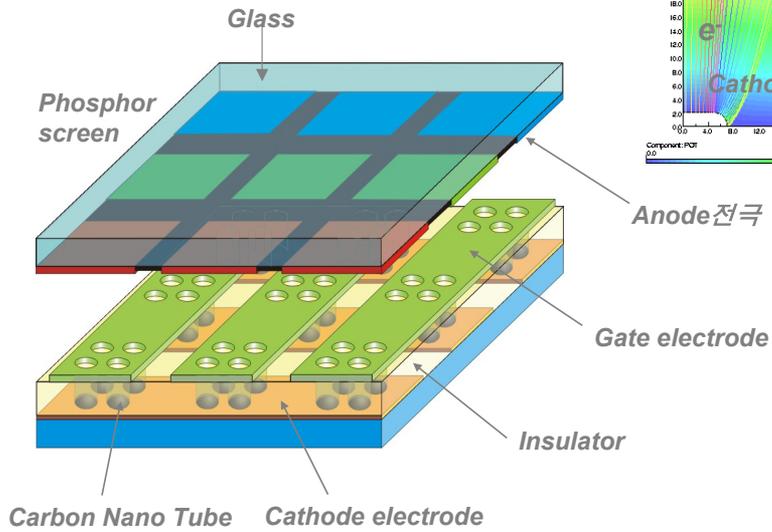


2. CNT를 이용한 FED

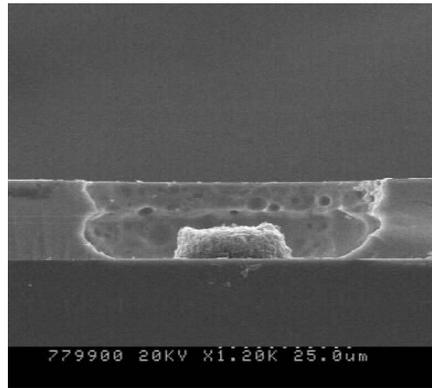
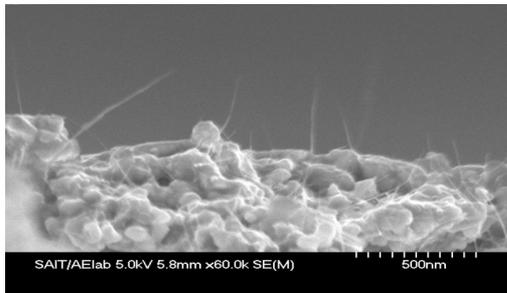
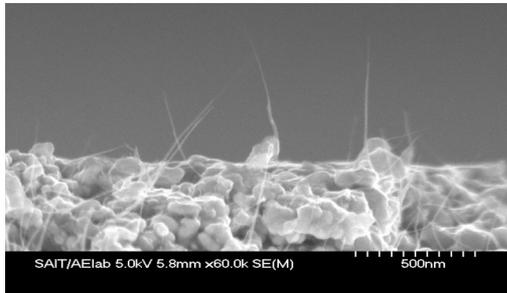
1) Normal-gate c-FED



▷ 전자방출 원리

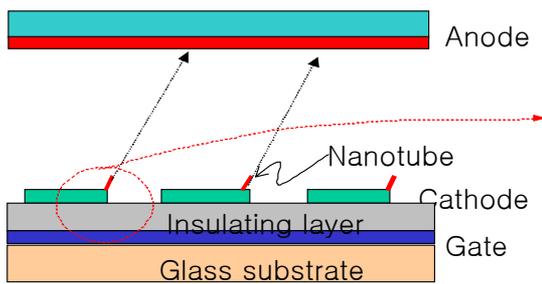


▷ SEM (Scanning Electron Microscope, 주사 전자 현미경)으로 촬영한 CNT



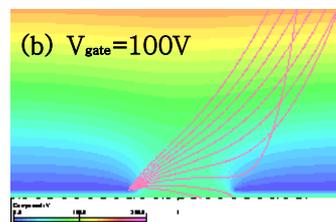
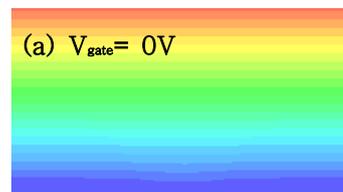
CNT-FED 구조 SEM 사진

▷ 전자방출 원리



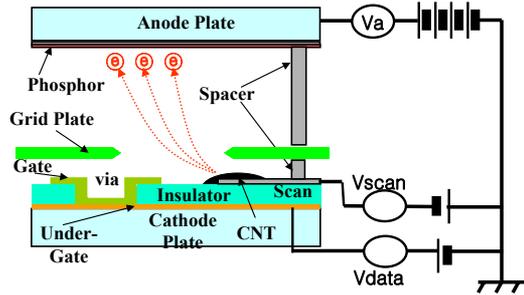
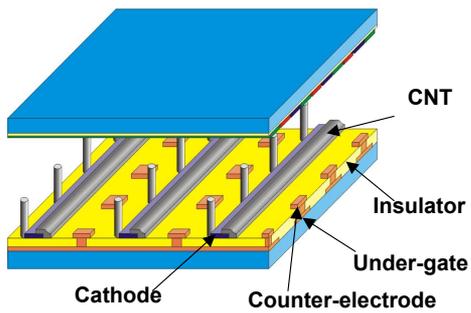
Features:

- New Triode Structure
- Simple Structure & Process
- Last Process: CNT Tip Process



Emission

■ 기본 구조 및 원리



CNT를 사용하는 이유?

CNT의 장점

- Low work function(W)
- High aspect ratio(β)
- Good electric conductor



대면적 공정 가능

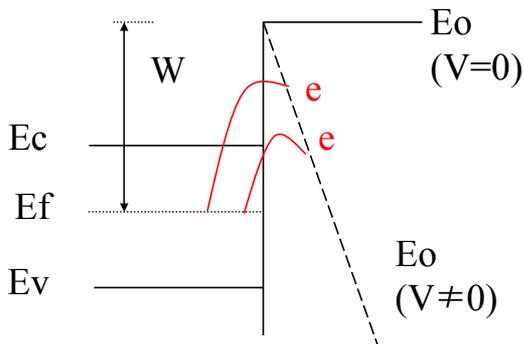
- CNT paste 개발
- 30~50인치 가능



최고의 Field Emitter



Field emission 현상



$$I \propto \frac{F^2}{W} \exp\left(-B \frac{W^{3/2}}{F}\right)$$

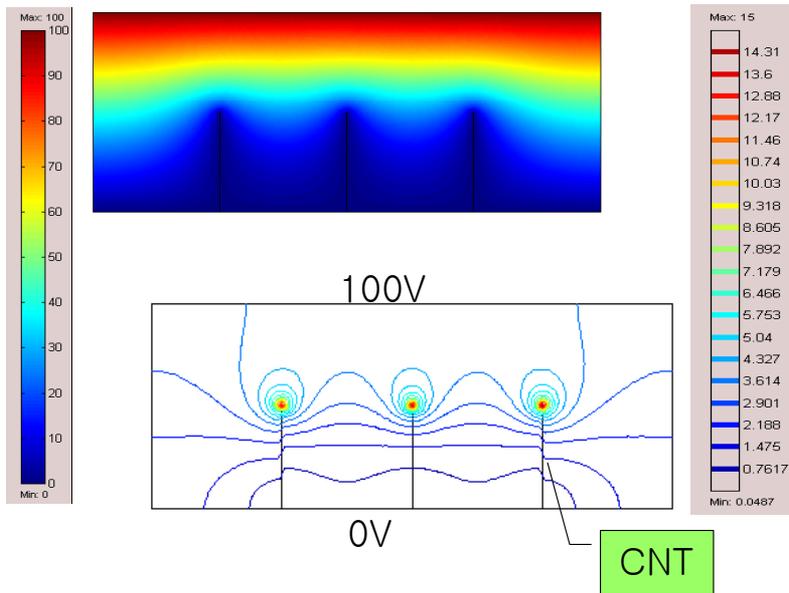
W=work function, F=local applied field= $\beta V/d$

β =field enhancement factor

$$B = 6.83 \times 10^9 [V eV^{-1.5} m^{-1}]$$

$$\ln\left(\frac{I}{V^2}\right) \propto \ln(\beta^2 d^{-2} W^{-1}) - B W^{1.5} d \beta^{-1} \frac{1}{V}$$

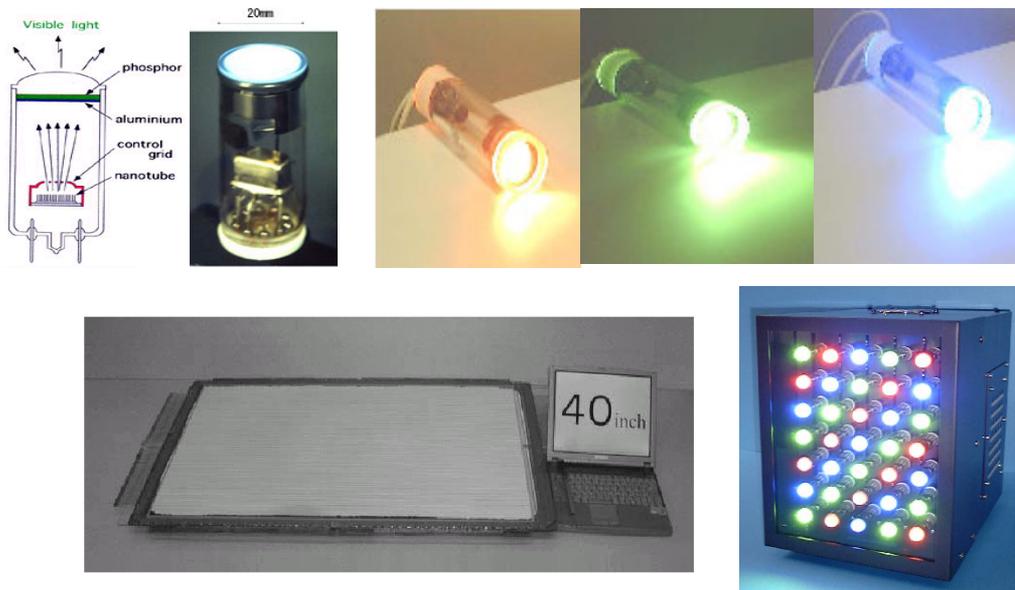
전계 Simulation



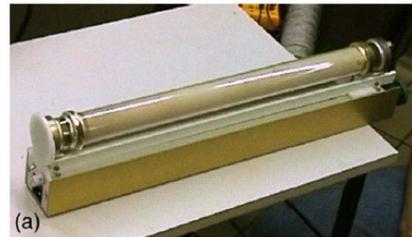
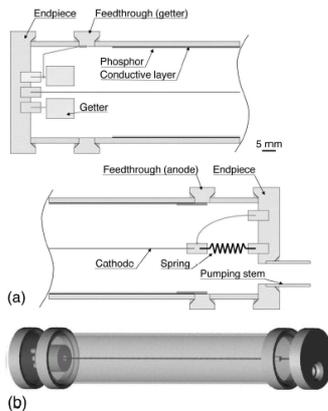
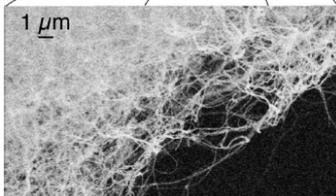
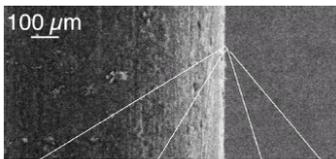
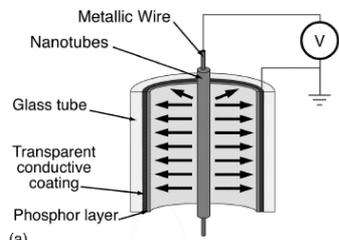
타 display와 비교

42" HD급	단위	LCD	PDP	FED
색재현도	NTSC	70%	100%	100%
응답속도	μ s	16,000	2~3	~100
소비전력	W	180	300	~70
Cost(05년 예상)	\$/inch	10	8.5	6.5
라인건설비용		고	저	저
수명	Hr	50K	40K	30K(추정)

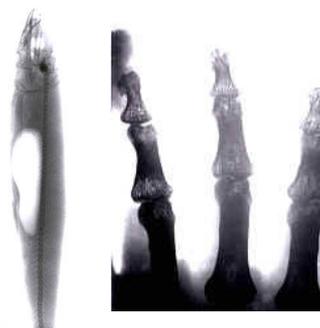
CNT-FED 응용 Light Source (ISE 전자, 2002년)



Ecole Polytechnique (Swiss)



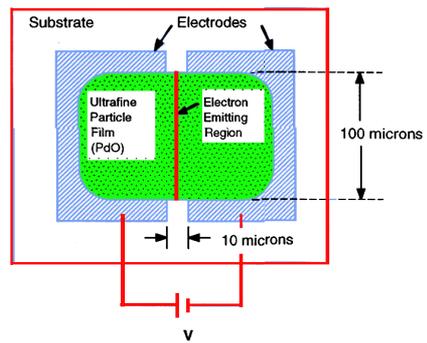
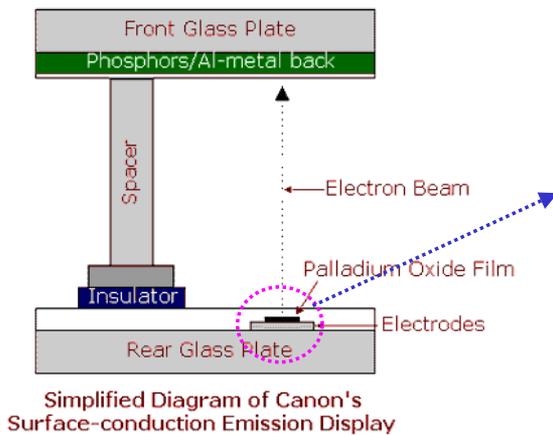
X-ray tube (ANI & North Carolina Uni.)



Advantages of the new technology:

Faster response time; Programmable electron and x-ray intensity distribution; Ultra-fine focal spot; Rapid pulsation capability; Longer lifetime; Reduces the size of x-ray machine; Potential for miniaturization.

SED (Canon-Toshiba)



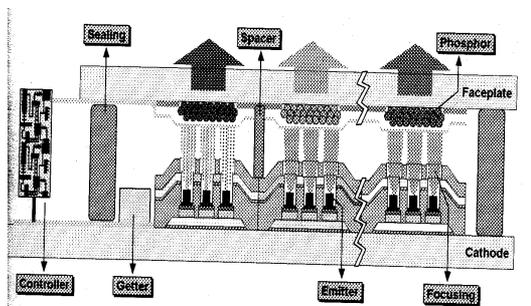
▶ Emitting 방식

- 양 전극사이에 PdO 도포
- PdO간 nm간격의 Slit 형성
- Slit 사이에서 전자방출
(전자방출 효율 : Max 1%)

2006년 양산 예정

cDream

1. 구조: TFT 공정을 이용한 normal 구조
2. CNT Emitter 형성법: PECVD 방법으로 저온 직접 성장
3. 높은 가속전압: 10KV (CPT 형광체를 사용)
4. Grey control: negative drive

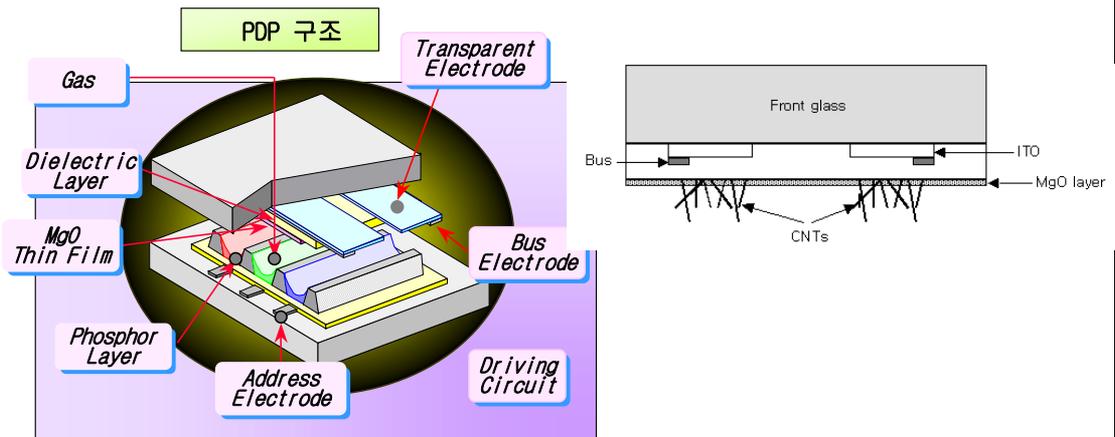


최근 ETRI에서도 발표

< Field Emission Workshop '03 proceeding pp.127 참조 >

CNT 최신 동향-1: PDP에 CNT 응용

- 내용: 상판 MgO 밑에 CNT를 깔아줌
- 효과: 방전전압 강하, 휘도 상승, 발광효율 상승



CNT 최신 동향-2

- LCD 응용:
 - BLU 응용: 나노퍼시픽, 삼성코닝
 - 광학이방성: 액정 대체 가능성
- 광학 응용:
 - 센서(빛을 감지하는 diode형 CNT)
 - 발광기(전자-홀 재결합, IBM)
- 반도체: 도선, 냉각기(전기폭풍, 퍼듀대)

CNT 연구개발의 당면과제

- 높은 가격 문제
 - 상업적인 생산 방법의 미비
 - 응용분야에 따라 \$ 50/kg 까지 가격이 떨어져야 함 (현재의 1/10)
 - 특정 응용에 맞는 특정 나노튜브의 생산이 필요

- FED 등 디바이스내 집적화의 어려움
 - 나노튜브를 다루기가 어려움
 - 예) 전계 방출 소자 제작에서 CNT-paste의 CNT 거동 복잡성

- 합성(synthesis)에서의 당면 과제
 - (1) Chirality 제어 (2) 직경 및 길이 제어 (3) 결함 제어

CNT 연구 (SDI)

연구 과제	개발 방향	기술적 기대효과
CNT 특성향상 연구	<ul style="list-style-type: none"> - CNT Cutting, 고결정화 기술 - 분산, 정제 기술의 개선 및 개발 - CNT Paste 기술 개발 - Printing 기술 및 표면처리 기술 개발 - 이종물질 증착 및 도핑 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> - 방출 전류밀도 향상 - 전계방출 균일도 향상 (Emission site density 조절) - 기계적, 열적 강도 증가 (수명증대) - 전계방출 효율 증가



Robust CNT 개발