

유리기판 위에 성장된 카본나노튜브를 이용한 고휘도 램프 특성

Development of flat type back-lamp using carbon nano tubes grown on glass substrate

*이양두, *이덕중, **박정훈, **유재은, ***이윤희, ****장진, *주병권
(*Yang-Doo Lee, *Duck-Jung Lee, **Jeung Hoon Park,
Jae-eun Yoo, *Yun-Hi Lee, ****Jin Jang, *Byeong-Kwon Ju)

Abstract

Carbon nano tubes(CNTs) have been reported as field emission source because has a sharp tip, a high aspect tip, high chemical stability, high mechanical strength and low work function properties. In this study, we fabricated successfully the back-lamp of the 1-inch flat type using CNTs, which was grown directly on cathode substrate of sodalime glass at low temperature. The brightness of CNT back-lamp is measured to 14 Kcd/m² at 2000V_{dc} in spacing of 500 μ m. And, the emission properties of packaged CNT back-lamp was analyzed as function of applying voltage and times.

Key Words : carbon nanotube, field emission, phosphor, CNT back-lamp

1. 서 론

Carbon nanotube(CNT)는 field emitter로서 high aspect ratio, a sharp tip, high chemical stability 그리고 high mechanical strength 성질을 가지고 있다. 1991년 일본 NEC의 Iijima에 의해서 Carbon nanotube(CNT)를 처음으로 관찰한[1] 이후로 1995년에 Rinzler et al.의해서 single MWNT로부터 field emission(FE)현상이 보고되었고[2], De Heer et al.에 의해 MWNT film으로부터 전계 방출 특성이 보고되었다.[3]. 이와같이 CNT는 다양한 물리적 성질을 가지고 있어 각종 전자 장치의 전자총, 백색광원, 전계 발광 디스플레이(FED),

2차 전지 전극, 수소저장연료전지, 나노 와이어, 신호-표시용 램프 등 여러 분야에 응용 할 수 있다고 보고 되고 있다.

본 연구에서는 얇고 가벼우며 저소비전력, 대면적, 고휘도 요구에 따라 CNT를 전계방출원으로 사용하여 CNT back-lamp로 응용하고자 한다. 보다 안정적인 구동을 위한 10⁻⁵ Torr 이상의 고진공 실장기술, CNT 성장 기술, FED용 형광체 관련 기술들을 이용하여 1인치 flat type back-lamp를 제작하고 발광특성을 고찰하였다.

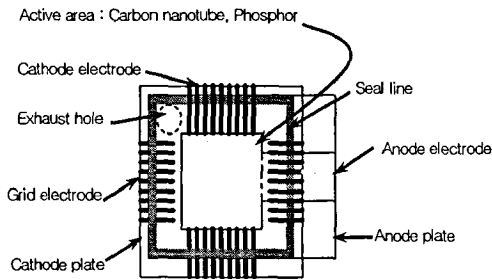
2. 실험

2.1 1inch flat type lamp panel design

1inch flat type lamp panel design을 Fig.1과 같이 도식하였다. Cathode plate의 구조는 4cm x 4cm의 soda lime glass 위에 1.84cm x 1.84cm의 active area로 carbon nanotube(CNT) 성장 영역을

*한국과학기술연구원 마이크로시스템연구센터
(서울시 성북구 하월곡동 39-1,
Fax : 02-958-5692, E-mail : foryou@kist.re.kr)
**일진나노텍(주)
***한국과학기술연구원 정보재료소자연구센터
****경희대학교 물리학과

정의 하였고, 상·하면에 cathode electrode와 좌·우면에 grid electrode로 정의 하였고, 좌측상단에 직경 4~6mm의 배기홀 영역을 정의하여 pumping-out 및 getter room으로 사용할 수 있도록 하였다. Anode plate 의 구조는 soda lime glass 를 4.5cm x 3.5cm 제작하여 내부에 CNT active area에 해당하는 1.84cm x 1.84cm의 Phosphors 영역과 외부에 전극을 인가할 수 있는 anode electrode를 연결하였다. Glass frit이 지나가는 지점에 전극을 병렬로 연결하여 glass frit 소성시 전극 손상을 최소화 할 수 있도록 하였다. Anode plate위에 active area 중심으로 주변에 glass frit로 3.5cm x 3.5cm seal line을 형성하도록 디자인하였다. Fig. 2는 상기 기술한 방법에 의해 패키징하고자 하는 diode type CNT back-lamp의 측면 개략도이다.



(a)

Part	Size (cm ²)
Active area	1.84 X 1.84
Anode plate	4.50 X 3.50
Cathode plate	4.00 X 4.00
Seal line	3.50 X 3.50
Cathode electrode	1.84 X 1.1
Anode electrode	1.83 X 1.00
Grid electrode	0.9 X 1.84
Exhaust hole	0.4 ~ 0.6 (diameter)

(b)

Fig. 1 Schematic diagram of CNTs back-lamp package structure (a) and its specification (b)

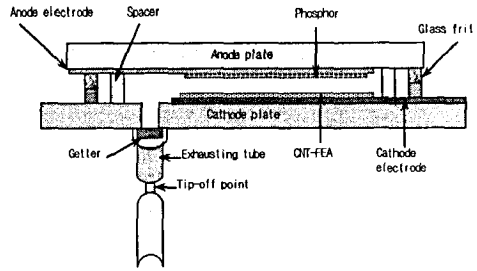


Fig. 2 Schematic diagram of packaged diode type CNTs back-lamp structure

2.2 Flat type lamp packaging

본 연구의 실험 공정 순서는 Fig. 3과 같다. CNTs 성장은 일진나노텍(주)에서 수행하였다. Cathode plate에 Ti로 cathode 전극을 형성 시킨 후 Ni를 촉매급속으로 사용하여 active area 내에 CNT를 성장시킨 그림을 Fig. 4에 나타내 있다. Cathode 기판의 측면에 직경 4~6mm diamond drill를 사용하여 배기홀을 형성시켰다. Anode plate는 ITO(Indium Tin Oxide)로 코팅된 두께가 1mm인 soda lime glass를 사용하여 ITO 전극 및 active area를 형성시켰고, 그 위에 ZnS green형 광체를 증착 시킨 후 burn out 공정을 실시하였다. Glass frit을 dispenser로 토출하여 spacer 공간에 맞게 적당한 두께와 폭으로 seal line을 형성하고 active area 주위에 높이 500 μ m spacer를 glass frit으로 고정시키고 exhaust tube 도 주위에 glass frit을 적당하게 토출시켜서 dry oven으로 건조시킨 후 burn out을 실시하였다. Cathode plate, anode plate와 exhaust tube를 각각 정렬시켜 N₂ 분위기로 440 $^{\circ}$ C에서 소성시켰다. 이후 getter (ST122)를 배기용 세관 내부에 주입하고, 배닛을 vacuum chamber에 연결한 후에 10⁶ Torr까지 pumping-out 공정을 수행하고 유리세관을 용융시켜 봉지하였다.

패키징된 diode type CNTs back-lamp로 부터 발광 사진을 촬영하였고, 전압에 따른 밝기는 J17LumaColor (Tektronix)로, I-V는 KEITHLEY 237로 측정하였다.

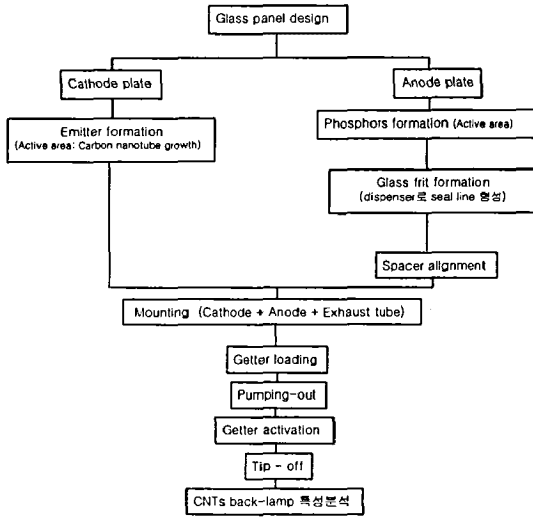


Fig. 3 Process flow of diode type CNTs back-lamp packaging

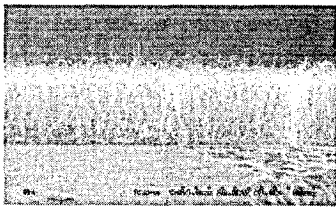
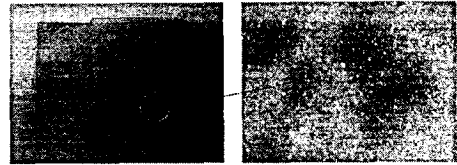


Fig. 4 Cross sectional view of grown CNT on soda-lime glass plates.

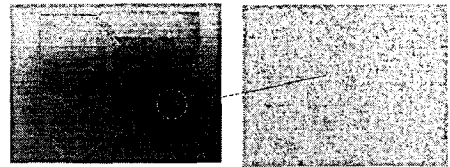
3. 결과 및 고찰

Fig. 5는 패키징 하지 않고 진공 chamber내에서 높이 500 μ m spacer사용하여 cathode plate와 anode plate정렬 시킨 후 전류 3mA에서 anode plate가 파괴된 그림이다. (a)그림은 파괴된 anode plate이고, (b)그림은 그것을 500 $^{\circ}$ C, 1시간 유지하여 열처리하였다. 화살표로 지시된 부분은 각각 광학현미경으로 관찰한 부분이고 CNT에 영역에 있는 형광체에서 dark spot들이 관찰되었으나 열처리 후에는 나타나지 않았다. 형광체 부분에 dark spot들이

관찰되는 것은 진공도 악화, emitter 또는 형광체의 degradation 때문일 것으로 판단되며, 이들의 해석을 위한 분석이 진행중이다.



(a)



(b)

Fig. 5 Photographs of fractural anode plate and phosphor degradation by emission current of 3mA : (a) after light emission measuring, (b) after heat treatment of 500 $^{\circ}$ C for 1hour

Fig. 6은 패키징된 CNT-lamp에 대해 2000V_{dc}를 인가 하였을 시 각각 앞면 (a)와 측면(b) 발광을 촬영한 그림이다. 전체적으로 발광되는 것을 볼 수 있으며 이들의 휘도는 약 14kcd/m²이다.



(a)

(b)

Fig. 6 Light emission image of packaged diode type CNT back-lamp for applying 2000V_{dc} : (a) the front view, (b) the side view

Fig. 7은 전압 변화에 따른 밝기를 조도계로 측

정한 그래프이며, 2000V_{dc}에서 약 14kcd/m² 까지 측정되었다.

Fig. 8은 전압 변화에 따른 anode current를 측정한 것이다. 1900V_{dc}에서 anode current 약 1.6mA가 측정되었다.

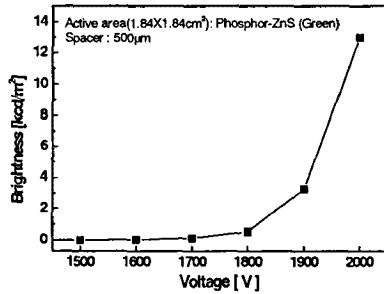


Fig. 7 Brightness test of packaged diode type CNTs back-lamp for applying voltage variation

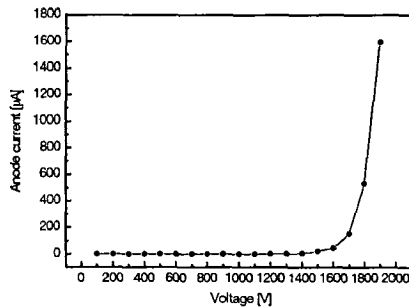


Fig. 8 Diode type CNTs-lamp of anode current characteristic for applying voltage variation

Fig. 9는 1900V_{dc}에서 시간 변화에 따른 anode current의 변화를 나타낸 그래프이다. Anode current 변화량이 큰 것은 Fig. 5에서 언급했듯이 형광체 부분에 dark spot들로 인해 anode current가 불안정한 것과 CNT로부터 전자방출이 불안정한 것으로 판단되며 이에 대한 보완 연구가 수행 중에 있다.

4. 결론

본 연구에서 1인치 green CNT back-lamp의 밝

기가 2000V_{dc}에서 약14kcd/m²로 측정되었고, I-V test는 1900V_{dc}에서 anode current값이 약 1.6mA가 측정되었다. 결과에서 언급했듯이 형광체를 보호하기 위해 reflection layer로 알루미늄 박막을 증착하고, grid를 삽입하여 triode type lamp로 가변 해결 될 것으로 판단되어 대면적 및 고휘도 CNT flat lamp 개발이 가능할 것으로 사료된다.

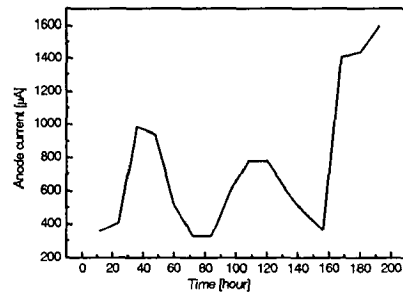


Fig. 9 Diode type CNTs-lamp of anode current characteristic for applying time variation

감사의 글

본 연구는 산업자원부 핵심기반기술개발사업 중 산업기초기술연구개발사업의 지원으로 수행되었다.

참고 문헌

- [1] S.Iijima, "HELICAL MICROTUBULES OF GRAPHITIC CARBON", Nature, 354, 56-58, NOV 7 1991.
- [2] Rinzler, A. G., J. H. Hafner, P. Nikolaev, L. Lou, S. G. Kim, D. Tomanek, P. Norlander, D. T. Colbert and R. E. Smalley, "Unraveling nanotubes: field emission from an atomic wire", Science, 269, 1550-1553, 1995.
- [3] de Heer WA, Chatelain A, Ugarte D, "A carbon nanotube field-emission electron source", Science, 270, 1179 - 1180, 1995.
- [4] 주병권, 이윤희, 이덕중, 정진욱. "CNT-lamp 패키징 기술 개발". 한국과학기술연구원, 2001.