한국조명·전기설비학회 2008 춘계학술대회 논문집 (2008. 5. 8 ~ 9)

전계방출 광원용 플라나 게이트의 구동 특성 연구

(Study on the Driving property of planar gate light source)

김광복* · 양동욱 · 김태현 · 김대준
(Kwang-Bok Kim · Dong-Wook Yang · Tae-Hyeon Kim · Dae-Jun Kim)

Abstract

In this paper, we report the improved driving methode using planar-gate for field emission light source. Due to the cold cathode in field emission device, it has advantage for driving system in terms of high speed pulse driving with narrow duty ratio. This paper shows that our driving method offers the stable and reliable driving system without rapid electric field variation for field emission light source.

1. 서 론

최근 기존의 CCFL(Cold Cathode fluorescent Lamp) 및 EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp)등을 대체할 수 있는 가볍고 얇은 평판 광원 장치로서 전계방출(field emission)을 이용한 광원 개발이 활발히 이루어지고 있다.[1~2] 전계 방출 소자는 강한 전계에 의해 표면 근처의 포텐셜 장벽이 변하여 페르미 준위에 있던 전자가 양자역학적 터널링 효과에 의해 외부로 전자가 방출되는 현상을 이용한 소자이다[3]. 또한 갈수록 심해지는 환경 규제 및 친환경에 대한 요구가 증가되는 사항에서 수은을 사용하지 않는 전계 방출 장치는 차세대 광원으로써 각광을 받고 있다. 이에 본 연구에서는 전계방출 장치의 안정적인 구동 방식에 대하여 연구를 하였다.

2. 본 론

2.1. 전계방출 광원 장치

전계방출장치에는 2극 구조와 3극 구조가 있는데, 2극 구조는 제조가 용이하며 발광면적을 크게 할 수 있는 이점이 있지만 높은 구동전압이 요구되며 발광효율이 낮은 문제가 있어 최근에는 주로 3극 구조가 사용되고 있다.

3극 구조에서는 전계방출 물질로부터 전자를 용이하게 뽑아낼 수 있도록 하기 위하여 게이트 전극이라는 보조전극을 캐소드 전극과 일정한 간격으로 이격하여 형성하게 된다. 여기서 에미터로 쓰이는 탄소나노튜브(CNT,carbon nanotube)는 화학적으로 안정성이 높을 뿐만 아니라 전계방출 특성도 매우 우수하다[4~6]. 도 1은 대표적인 3극 구조를 갖는 전계방출장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 배면기판(Cathode Glass)의 표면에 캐소드 전극(Electrode 1 or Electrode2) 과 게이트 전극(Electrode 1 or Electrode2)이 형성되어 있으며, 캐소드 전극 과 게이트 전극 위에는 탄소나노튜브로 이루어진 에미터가 형성되어 있다. 게이트 전극(Electrode 1 or Electrode2)과 캐소드 전극(Electrode 1 or Electrode2)은 소정 간격 이격되어 있으며, 스크린 인쇄법 및 노광법에 의해 형성되어 있다. 전면기판(Anode Glass)은 배면기판(Cathode Glass)에 대향하도록 형성되어 있으며, 전면기판(Anode Glass)에는 형광체층(Phosphor) 및 애노드 전극(ITO Film)이 형성되어 있다[7]. 전계방출장치의 구동을 위한 애노드 전극(ITO Film)과 게이트 전압은 각각 DC 인버터 와 AC 인버터에 의하여 공급된다[8~11].

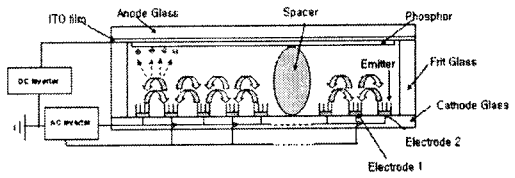


그림 1. Dual emitter 3극 구조 및 전자 방출 모습

본 연구에서는 전계방출 물질로부터 전자를 용이하게 뽑아낼 수 있도록 하기 위한 보조전극(게이트전극)과 전자 방출 전극(캐소드 전극)의 구분

이 없는, 즉 그림1 과 같이 전극1과 전극2가 일정한 시간을 주기로 1/2 주기 동안 전극1이 게이트 전극이 되고 전극2는 캐소드 전극으로 된다. 그 후 남은 1/2 주기 동안은 그 반대로 전극1이 캐소드 전극이 되고 전극2가 게이트 전극이 되는 Dual emitter 구조에서 실험을 진행하였다.

2.2. 측정방법

본 연구에서는 캐소드 전극 (Electrode 1 or Electrode2) 과 게이트 전극(Electrode 1 or Electrode2)에 인가되는 파형에 따른 전계방출 장치의 구동 안정성에 관한 실험을 진행 하였다. 사용된 전계방출 장치는 4.6인치 램프를 사용하였으며, Anode 전극에는 3kV DC 전압을 인가하였다.

게이트-캐소드 전극에 인가되는 파형은 크게 두 가지로 DC 전압 과 구형파 이다. 또한 구형파는 램프에 맞게 변형하여 안정성을 실험하였다.

2.3. 측정결과

게이트-캐소드 파형에 따른 특성을 분석해본 결과 그림 2과 같이 게이트-캐소드 중 한 전극에 DC 전압을 인가하고 나머지 전극에는 GND와 접지를 시켰을 때 가장 안정적인 발광을 얻었다.

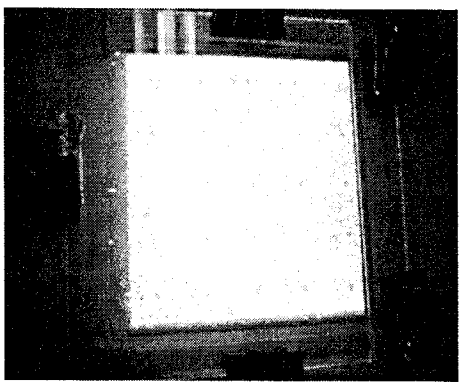
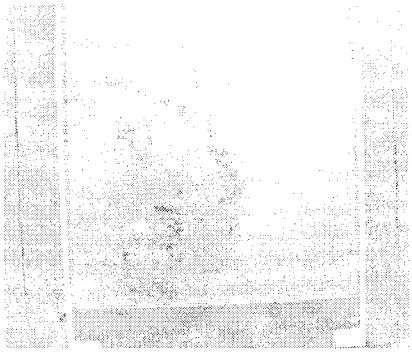


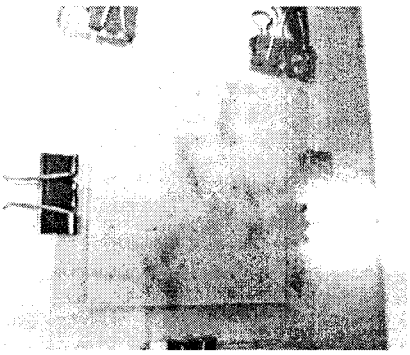
그림 2. 4.6인치 전계 방출 램프 실제 구동 모습.

그러나, 전계 방출 램프에 사용되는 에미터(emitter) 및 형광체(Phosphor) 특성상 일정한 듀티(duty)를 가진 AC 파형을 인가하여야 수명 및 재료 안정성을 가져갈 수 있다. 따라서 램프 구동적인 면에서는 DC 전압을 인가할 때 가장 안정적인 구동 특성을 나타내어도 실제 전계방출 장치에 적용하기는 용이하지 않다.

전계 방출 장치에서 에미터 및 형광체의 수명 및 재료 안정성을 기하기 위해서는 게이트-캐소드 전극에 일정한 듀티를 갖는 Pulse 파형을 인가하여야 한다. 하지만 게이트-캐소드에 구형파를 인가하면 시간이 지남에 따라 전극의 손상이 진행 되어 그림 3과 같이 게이트 전극과 캐소드 전극의 손상을 가져온다. 또한 이로 인해 Anode 기판까지도 손상을 받는 것을 알 수 있다.



(a) 게이트-캐소드 전극 손상 모습

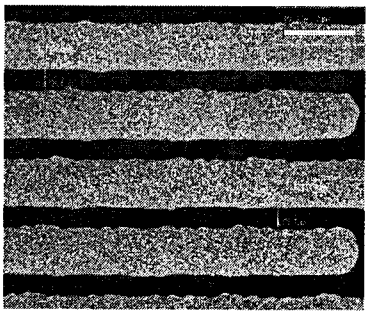


(b) Anode 기판 손상 모습

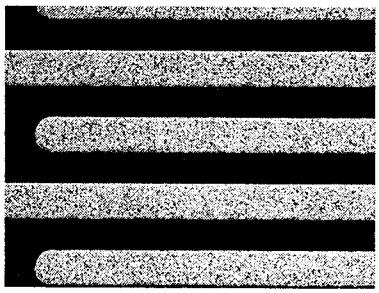
그림 3. Pulse 파형 인가 시 기판 손상 모습.

이것은 게이트-캐소드 전극이 그림4-(a)와 같이 전극 표면이 굴곡이 있거나 심하게 돌출 부분이 존재한다면 이곳에 전계 쏠림 및 절연 파괴 현상이 발생하여 고 전류에 의해 전극을 파손하는 결과를 초래한다. 또한 이 때 Pulse 파형을 인가할 시에는 전압의 급격한 변화가 있는 오버슈트(overshoot) 구간에서 전극 파손은 더욱더 심해진다. 따라서 전극의 형상은 그림4-(b) 와 같이 전극 표면의 거칠기를 최소한으로 해야만 구동 안정성 및 구동에 의한 전극 안정성을 가져올 수 있다.

그러나 이상적인 전극 형태를 나타낼 때에도 Pulse 파형의 오버슈트(overshoot) 구간에 의한 전극 파손은 미세하게 일어날 수 있다.



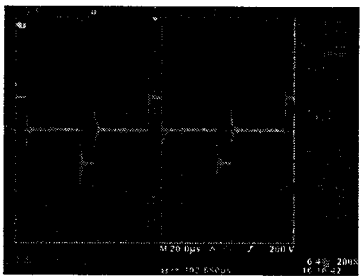
(a) 표면의 거칠기를 가진 전극 형상



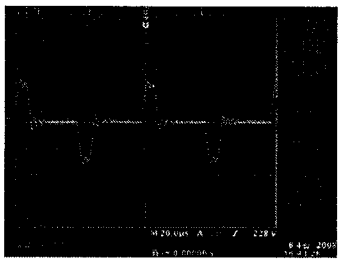
(b) 이상적인 전극 형상

그림 4. 플라나 게이트 구조에서의 전극 형상

본 실험에서는 위에서 언급한 전극 손상을 최소화하기 위하여 Pulse파형의 모습을 변형하여 구동 안정성을 확보하였다



(a) 기존 Pulse 인가 전압 형태



(b) 전극 안정성을 가지는 Pulse 파형 형태

그림 5. Gate-Cathode 전극에 인가된 Pulse 파형

그림 5-(a)는 초기 전극 파손을 가져오는 Pulse 파형의 형상으로 전압 상승시 발생하는 오버슈트(overshoot)구간에 으로 인하여 전극 손상을 가져와 앞서 언급한 바와 같이 그림3과 같은 결과를 가져온다. 하지만 본 연구에서 구현한 그림5-(b)와 같이 완만한 상승 구간을 갖는 전압을 인가함으로써 전극 손상을 최소화 할 수 있었다. 또한 전계방출 장치를 발광할 때 구동 안정성을 가져올 수 있는 효과를 얻었다.

3. 결 론

유럽의 RoHS와 같은 환경규제에 대한 대응 및 친환경적인 제품으로써 전계방출 광원은 큰 매력이 있음을 알 수 있다. 하지만 전계방출 장치의 특성상 높은 Anode 전압을 인가한 상태에서 수명 증대를 위해서는 듀티를 가지는 Pulse 파형을 인가하여야만 수명 안정성을 가져올 수 있다. 본 연구에서는 이러한 전계방출 장치의 특성을 고려하여 급격한 전압 변동을 없는 Pulse 파형을 인가하여 구동 안정성을 확보할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] P.H.Holloway, T.A.Trottier, B.Abrams, C.Kondoleon, S. L.Jones, J.S.Sebastian, W.J.Thomes , and H. Swart, J. Vac.Sci. Technol.B 17,758(1999).

[2] L.E.Shea, R.K.Datta, and J.J.Brown,Jr.,J.Electrochem .Soc.141,1950(1994).

[3] Rinzler A G, Hafner J H, Nikolaev P, Lou L, Kim S G,Tomanek D, Nordlander P, Colbert D T, and Smalley R E 1995 Science 269 1550.

[4] Y.C. Choi, Y.M.Shin,D.J.Bae,S.C.Lim, Y.H.Lee and B.S.Lee, Diamond Relat. Mater.,10,1457(2001).

[5] J.M.Bonard,J.P.Salvetat, T.Stockli and Walt A. de Heer,Appl.Phys.Lett.,73,918(1998)

[6] D.H.Kim, H.S.Jang, C.D.Kim, D.S.Cho, H.D. Kang and H.R. Lee, Chem.Phys.Lett.,378,232(2003).

[7] R.J.Xie,N.Hirosaki,K.Inoue,T.Sekiguchi,B.Dierre, K.Tamura PH1-1 IDW07

[8] Dong Wook Yoo,Jong Hyun Kim,Myung Hyo ryu,Byung Duk Min,Hye Man Jung,and Seok Jin Ha FEW07

[9] Chun-tao Lee, Yung-Chiang Lan, Bing-You Tsui, and Cheng-chung Lee, "New driving method for triode CNT-FED", Technical digest of IVM 2003,Vol.05, No3,pp.45-46, 2003

[10] Robert E. Neidert, Purobi M. Phillips, Sidney T. Smith , and Charles A. Spindt " Field Emission Triodes", IEEE Transaction on electron devices, Vol.38,No.3,March 1991

[11]Sang-su Kim, Yong-bae Kim, Sin-du Lee, and Jong-duk Lee, " Display Engineering", 2nd Edition, pp426-486, March 2000