

인가 전압의 변화에 따른 FFL(Flat Fluorescent Lamp)의 방전특성

Discharge characteristics of FFL as applied voltage variation

윤성현*, 박철현, 조민정, 임민수, 권순석, 임기조

(Yun Seong Hyun*, Park Cheol Hyun, Cho Min Jeong, Lim Min Su, Kwon Sun Suk, Lim Kee Joe)

Abstract

The characteristics of Xe discharge lamp(Mercuryless lamp) are described in this paper. In this paper, FFL is operated by sine wave and pulsed source. We apply V-Q Lissajous' figure for the discharge measurements of FFL which has the electrodes covered with dielectric. When FFL is operated by sine wave source, the characteristics are similar to DBD(Dielectric Barrier Discharge) and SD(Silent Discharge). And we compared the characteristics of FFL which is operated with sine wave and pulsed discharge by using V-Q Lissajous' figure method.

When FFL is operated with pulsed, the discharge current flows after the applied voltage is risen. As the duty ratio increases the electric field becomes strong and much more xenon ions are produced. and the number of metastable xenon atoms seem to increase, therefore, the phosphor radiation after the cut off of voltage increases compared with the first peak of radiation. Consequently, the 172nm radiation becomes strong as the duty ratio increases.

Key Wards(중요용어) : FFL, Lissajous, DBD, FPD, LCD

1. 서론

21C 정보전달 매체로 LCD, PDP, ELD, VFD, LED, 그리고 FED등으로 나뉘어 지는 FPD(Flat Panel Display)는 저(低) Noise, 저(低)전력, 성(省)space화를 목적으로 수년 전부터 브라운관(CRT)에서는 어려운 박형, 경량, 저소비전력 등의 면에서 이점을 가지고 급속한 기술혁신을 이루며 고정세화, 대화면화 및 평면화 등을 배경으로 현재 브라운관의 위치를 위협하고 있다. 그 중에서 LCD는 얇고 가벼우며, 저소비전력과 저동작전압 등을 갖추고 있어 현존하는 각종 flat panel 전자 디스플레이 중에서 가장 널리 사용될 정도로 성장하고 있다.

그러나 LCD는 액정소자의 빛의 변조(modulation)를 이용하는 비발광형(수광형) 디스플레이이다. 즉 LCD는 액정 자체가 빛을 내지 못하고 백라이트에서 나오는 빛의 투과광을 modulation하여 화면을 여러 가지 색으로 나타내므로 백라이트 및 백라이트 unit의 기능이 화면의 휘도와 디스플레이 표시품질과 깊은 관계를 가진다.

현재 광원으로 사용되고 있는 tube형상의 냉음극선관과 광원근처와 표시 중앙부의 불균일한 휘도 분포와 외부로의 광손실을 줄이고자 도광판, 확산판, 반사판과 LCD에서 요구되는 편광을 얻기 위한 Prism sheet의 Backlight unit을 구성하고 있다.

현재 LCD 후면 광원으로 사용되고 있는 CCFL을 사용한 Backlight Unit은 15인치 이하의 LCD system에는 널리 사용되고는 있으나 20인치 Notebook PC용이나 Monitor, TV용 등의 대면적 표시의 수요증가의 확대에 대한 기대는 보장할 수 없

* 충북대학교 전기공학과
(충북 청주시 개신동 충북대학교,
Fax: 043-263-2419
E-mail : ee92ysh@hanmir.com)

다. 이 때문에 새로운 차세대 후면광원에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서 LCD 후면광원으로 CCFL을 이용한 Backlight Unit을 대체할 수 있는 광원으로 FFL과 무기EL(Electroluminescence), LED(Lighting Emission Device) 등이 있다. EL과 LED는 낮은 휘도의 특성 때문에 각종 휴대정보단말기(PDA : Personal Digital Assistant), 전자수첩, PCS 등과 같은 소형 디스플레이분야에 부분적인 적용은 가능하나 대화면표시에의 적용은 어렵다. 이에 반해 FFL은 표시면적의 제한이 없다는 장점과 현재 CCFL을 포함한 Backlight Unit을 갖는 LCD의 후면광원의 전기적·광학적 특성과 비교해 뒤지지 않는 특성을 갖고 있다.

그러나 LCD의 차세대 후면광원으로 FFL에 대한 연구가 활발히 진행되고는 있지만 아직까지 비교적 높은 소비전력과 낮은 휘도의 문제점을 해결하기 위한 기초 방전특성에 대한 실험이 부족하다.

본 논문에서는 FFL에 대한 기초 방전특성의 일부분으로 인가전압을 정현파와 구형파로 변화시켜 V-Q Lissajous 도형을 이용하여 FFL의 방전형태를 분석하였고 인가전압의 duty ratio의 변화에 의한 radiation transition에 대해 기술하였다.

2. 실험 방법

2.1 FFL 제작

본 실험에서 사용된 FFL의 단면도를 그림1에 보인다.

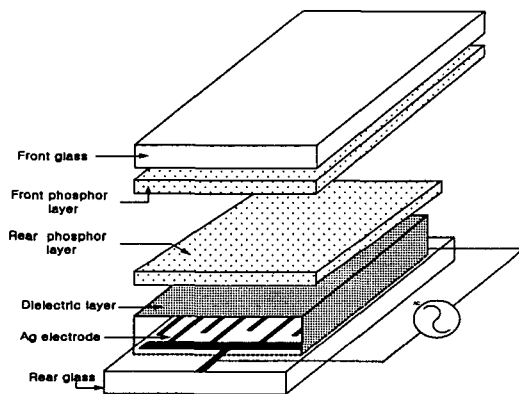


그림 1. Structure of FFL

그림1과 같이 FFL은 전극이 유전층에 의해 덮여 있는 DBD(Dielectric Barrier Discharge) 또는 SD(Silent Discharge)의 한 종류로 생각할 수 있다. FFL은 그림2와 같이 가해진 전압에 의한 전계에 의해 가속된 전자와 중성 gas와 충돌전리과정에 의해

Xe 원자가 여기되어 Xe의 자외선이 방출된다. 이 자외선의 에너지는 형광체의 모체에 흡수되고 부활제(activator) 이온을 여기시켜 가시광으로 변환되는 mechanism에 의해 발광하게 된다.

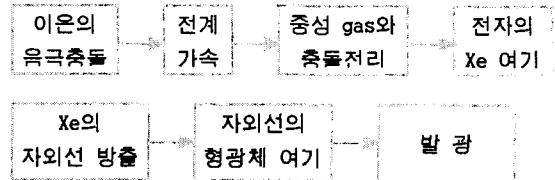


그림2. Mechanism of Light emission for FFL

2.2 V-Q Lissajous 도형

본 실험에서는 FFL의 방전계측의 방법으로 V-Q Lissajous 도형을 이용하였다. V-Q Lissajous 도형을 이용한 측정은 유전체가 전극을 덮고 있는 특성을 갖고 있는 방전에 DBD 또는 SD 등과 같은 방전에 대한 측정에 자주 이용된다.[1]

그림3에 그 측정 계를 보인다.

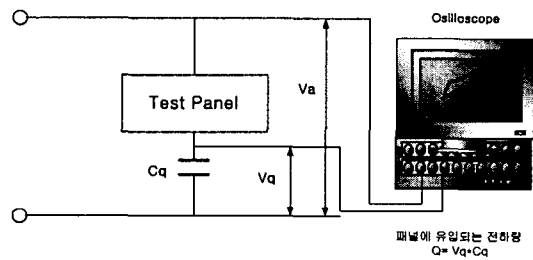


그림 3. Measurement of V-Q Lissajous' figure

2.2 방 전 모 델

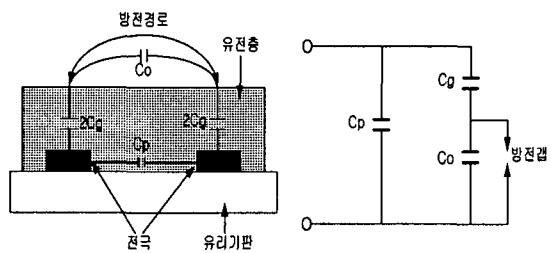


그림 4. Equivalent circuit of discharge for FFL

그림1의 FFL의 단면도에 보듯이 각 전극은 유전체로 덮혀져 있다. 전극의 구성상 유전체에 의해 생기는 정전용량 C_g 와, 방전경로에 병렬로 존재하는 정전용량 C_p , 그리고 방전공간에 존재하는 정전용량

C_0 의 직·병렬의 회로인 그림4와 같이 증가화 된다. 이 증가회로는 부분방전과 같은 절연물에 대한 void model의 증가회로와 마찬가지로 표현된다.

3. 실험 결과

3.1 인가 전압에 따른 방전형태

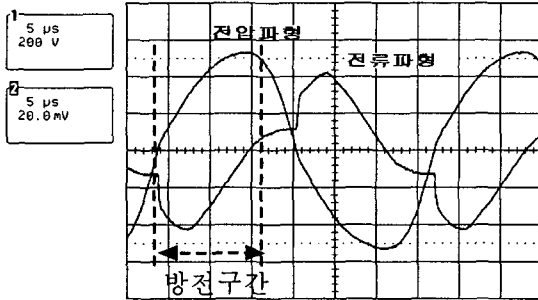


그림 5. Voltage and current (sine wave)

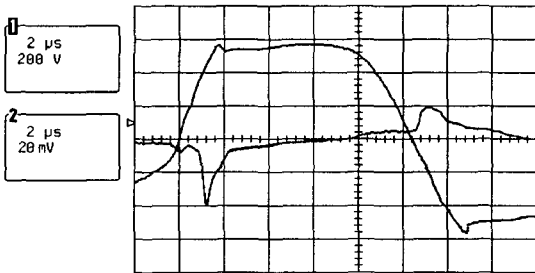


그림 6. Voltage and current (rectangular wave)

그림5에 FFL패널에 30[kHz]의 정현파 전압을 인가했을 경우 그림6에 구형파를 인가했을 경우의 전압과 전류의 시간파형을 보인다.

그림5에서 보듯이 정현파 인가의 경우 전압이 상승하여 전압이 피크에 달하기까지의 넓은 기간에 걸쳐 방전전류가 연속적으로 흐르고 있고 이 기간중 방전이 연속적인 것을 알 수 있다.

이것에 대해 전압의 상승이 급격한 구형파의 경우(그림6), 방전은 전압의 인가되는 시간 중 극히 짧은 기간에만 생기고 있음을 알 수 있다. 전압의 상승이 급격한 부분에서 정전용량에 의한 충전전류(변위전류)가 흐른 후 전압이 peak값에 도달한 후 방전전류가 흐르고 있다. 방전은 전압 파형이 완전히 상승한 후에 형성됨을 알 수 있다. 위와 같은 결과를 V-Q Lissajous도형을 이용해서도 알 수 있다.

그림7에서 정현파를 인가한 경우 V-Q Lissajous도형에서 방전기간 중 껍질의 전압은 방전유지 전압으로 일정하게 유지되며 방전공간 전역에 걸쳐 균일

하게 미소한 방전이 발생하고 벽전하를 서서히 누적시켜 가게 된다.

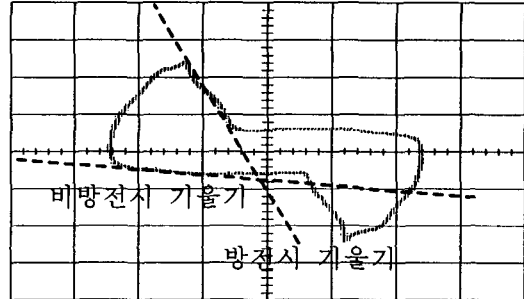


그림 7. V-Q Lissajous' figure(sine wave)

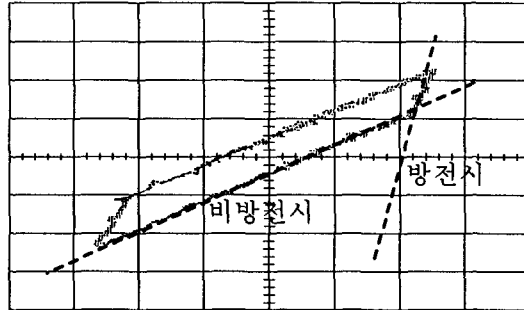


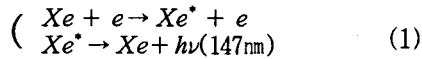
그림 8. V-Q Lissajous's figure(rectangular wave)

그림8의 구형파의 V-Q Lissajous도에서는 방전기간이 거의 수직이다. 방전은 전압의 상승 시점에서 모든 방공공간에 일제히 생기므로 방전시 큰 전하의 이동이 짧은 순간에 생긴다. V-Q Lissajous도에서 보듯이 방전시 급격한 기울기의 전하량 이동이 관측된다. 방전개시시 방전공간에 걸리는 전압은 방전유지 전압보다 훨씬 크고 방전종료까지 큰 전하이 이동이 있기 때문에 방전을 종료 할 때의 전압은 방전유지 전압보다 훨씬 작다. 결국 방전 개시 시와 종료시 큰 갭 전압의 변동이 있다. 구형파를 인가했을 경우 각 방전의 1 cycle은 다음과 같이 4구간으로 나누어지고 그 과정은 다음과 같다.

그림9에 구형파를 인가했을 경우 전압에 대한 전류와 phosphor radiation의 개요도를 보여 주고 있다. 각 방전의 1 cycle은 4구간으로 나뉘어지고 그 과정은 다음과 같다.[2]

- ① Phase 1 - Charging of Capacitance(Charge Up)
전압의 증가에 따라 C_b 와 C_g 에 의해 변위전류가 흐른다.
- ② Phase 2 - Gaseous Discharge(Gas Breakdown)
전계가 breakdown 시점을 넘게되면 gaseous

breakdown상태가 되고 Xe 원자 radiations의 첫 peaks(823.2nm, 828nm)가 관측된다. 이 상태의 전자온도(T_e)와 밀도(n_e)는 높아서 다음 식과 같은 과정에 의해 Xe 원자에 의한 공조자의선 147nm이 발생된다.

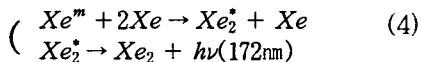
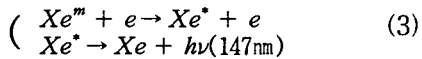
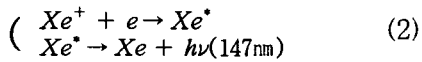


③ Phase 3 - Discharging of Capacitance I (Reverse current flowing)

인가전압이 감소함에 따라 capacitance는 C_p 와 C_g 는 방전하고 축적되어져 있던 전하들은 없어지면서 reverse current가 흐른다. 이 때의 전자온도 T_e 는 낮고 전자밀도 n_e 는 높다.

④ Phase 4 - Discharging of Capacitance II (Decaying period of radiation)

인가 전압의 감소와 capacitance의 방전이 진전됨에 따라 방전공간의 전계는 감소한다. 그리고 reverse current는 계속해서 흐르지만 적게 흐르고 T_e 와 n_e 는 낮다. 그리고 plasma는 pure recombining phase가 되어 다음 식에 의한 VUV radiation이 발생된다.



준안정 상태의 Xe 원자들은 식(4)의 과정에 의해 증가하고 172nm radiation이 증가하게 되고 147nm와 비교해 172nm radiation이 지배적으로 일어난다.

3.2. duty ratio에 따른 변화

duty ratio가 증가할수록 forward current에서 reverse current로의 duration은 증가하고 인가전압이 cut off전압이 될 때 잔여의 이온들과 전자들은 감소한다. 그러므로 reverse current가 흐르기 시작할 때 전계는 강하게 되고 보다 많은 Xe 이온들이 duty ratio의 증가에 대해 생성된다. 또한 duty ratio의 증가에 따라 준안정상태(metastable state)의 Xe 원자들이 증가하게 되어 cut off voltage 후의 Phosphor radiation은 첫 번째 radiation의 peak와 비교해 증가한다.

그래서 duty ratio를 증가시키면 방전개시전압과 전

자온도는 감소한다. 결국 duty ratio의 증가에 따라 172nm radiation은 강해진다.

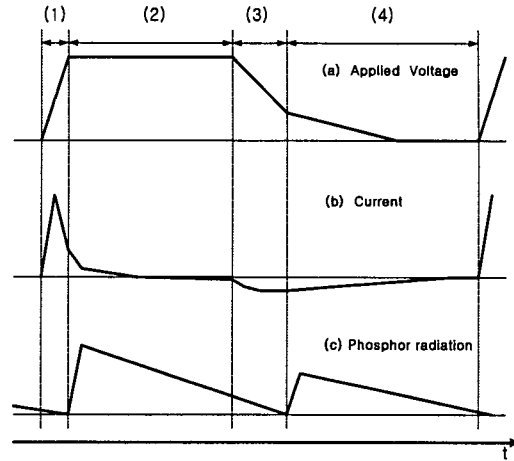


그림 9. The schematic diagram for phosphor radiation, lamp voltage and current

4. 결론

본 논문에서는 전압을 정현파와 구형파로 인가하였을 때 방전형태를 보기 위해 Sawyer-tower측정을 이용한 V-Q Lissjous도형을 관측하여 방전형태를 분석하였고 구형파를 인가했을 때 Xe atoms 및 excimers에 의한 radiation과정에 대해 기술하였다. 정현파를 인가한 경우 전압의 상승에 대해 방전전류는 넓은 영역에 걸쳐 흐르고 방전기간 중 챔버의 전압은 방전유지전압으로 일정하게 유지되어 peak 전압을 변화시켜도 방전유지전압은 변화하지 않는다. 이에 반해 구형파를 인가한 경우 전압의 상승 속도가 방전 지연시간에 비해 매우 빠르므로 전압이 완전히 상승한 후에 방전이 개시하게 된다. 그리고 구형파로 구동할 경우 duty ratio를 증가함에 따라 172 nm radiation의 증가에 따른 phosphor radiation이 증가하게 된다.

참고 문헌

[1]. Larry F. Weber, "Measurement of Wall Charge and Capacitance Variation for a Single Cell in AC Plasma Display Panel", IEEE Trans.ElectronDevices, Vol. ED-24, p.864, 1977
 [2]. Masafumi Jinno, Hisayoshi Kurokawa and Masaharu Aono, "Fundamental Research on Mercuryless Fluorescent Lamp II", Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 38, pp4613-4617, 1999. July.