

2차원 수치해석을 통한 LCD 백라이트 분석.

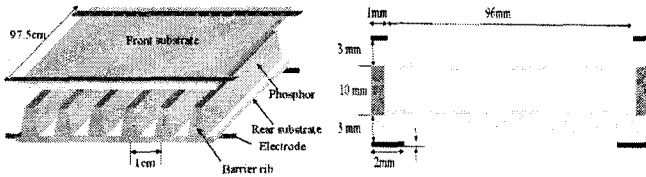
송인철 최원영 이돈규, 최준영 윤현진,이해준 이호준  
부산대학교 고전압 및 PDP. 연구소

An Analysis of LCD backlight unit using 2-Dimensional Simulation

In-Cheol Song, Won-Young Choi, Don-Kyu Lee, Hyun-Jin Yoon, Joon-Young Choi, Hae-Jun Lee, Ho-Jun Lee  
Pusan National Univ.

**Abstract** - 기존의 3~4mm 간격을 가진 냉음극 형광램프(CCFL)나 외부전극형광램프(EEFL)는 휘도의 균일성과 응답속도가 열등하기 때문에 42인치보다 큰 크기를 가지는 LCD TV에 적합하지 않다. 그래서 대면적 BLU(backlight unit)에 적합한 평면형광램프(FFL)에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 논문에서는 FFL의 발광 효율을 향상시키기 위하여, 가스 혼합비를 변화시키면서, 2차원 유체코드를 이용한 수치해석을 통하여 방전효율에 영향을 미치는 요소가 Hg임을 확인 하였다.

1. 서 론



〈그림 1〉 Flat fluorescent Lamp 의 구조와 수치해석 모델

최근까지 32인치 액정디스플레이 백라이트는 수은 형광램프를 사용해오다가 균일한 빛을 내기 위해 냉음극형광램프(CCFLs)로 바뀌었다.[1] 이후 CCFLs을 대체하기 위해 평면형광램프(EEFLs)[2]가 발달하게 되었다. 그러나 위의 두 가지 램프들은 낮은 휘도균일성을 가지고 사이즈 증가에 따른 소자 수 증가와 패널이 복잡해지는 단점이 있다.[3] 이 단점을 보완하기 위해 1990년 이후로 큰 사이즈에서도 단순하고 저 가격화하기 위해 FFLs의 발전에 많은 노력이 집중되어지고 있다.[4][5] 그림 1의 왼쪽은 본 논문에서 사용될 FFL램프의 전체 모습이며, 오른쪽 그림은 수치해석 모델로써 왼쪽 그림의 옆에서 본 모습이다. 실제 FFL과 크기와 정확하게 일치하지는 않지만, 이러한 간단한 모델을 통해서 FFL의 방전에 대해 많은 정보들을 얻을 수 있었다.

2. 본 론

2.1 수치해석에 사용된 가정과 식.

식(1)은 continuity equation으로 좌변 첫 번째항의 n은 밀도이고, 두 번째항의  $\vec{I}$ 는 flux이며, 우변은 생성되거나 또는 소멸되는 양이다. 식(2)는 drift-diffusion에 의한 momentum transport equation으로서, 좌변의 첫 번째항의  $\mu$ 는 mobility를 말하며, D는 diffusion coefficient 이다. 식(1)을 이용하여 밀도를 계산하고, 식(2)를 통하여 flux를 계산한다. 식(2)에서 필요한  $\vec{E}$ 는 poisson's equation을 이용한다. 그리고, FFL는 압력이 높아서, 충돌이 빈번하다는 가정을 할 수 있어서, 국소적으로  $\vec{E}$ 가 일정하다는 가정을 하는 local field approximation을 사용했다. 그리고 local field approximation에 필요한 충돌계수들은 bolsig code를 이용하여 나타난 가스 압력에 따른 전계밀도에 대한 비에 의해 나타난 값들이다.

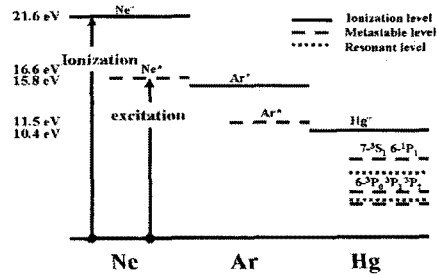
$$\frac{\partial n}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{I}) = G - L \quad (1)$$

$$\vec{I} = \mu n \vec{E} - D \nabla n \quad (2)$$

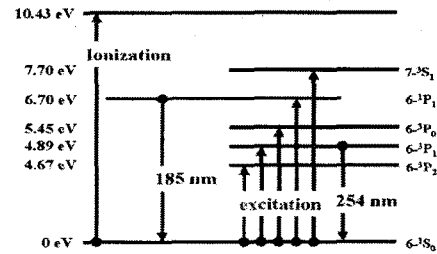
$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (3)$$

그림 2.1 FFL에 사용되고 있는 기체들의 에너지 준위를 나타낸 표이다. Ne, Ar ,Hg가 사용되고 있으며, 그중에서 가장 중요한 기체는 Hg이다. 그림 2.2는 Hg의 상세 에너지 준위 표로서, 대부분 빛은 Hg의 excitation 에너지 준위의 Hg  $6p^3P_1$  (253.7 nm)과 Hg  $6p^1P_1$ (185.0 nm)에서 나온다. 하지만 이 중에서도 Hg  $6p^3P_1$  (253.7 nm)가 Hg  $6p^1P_1$ (185.0 nm)보다 15배 많기 때문에 Hg  $6p^3P_1$  (253.7 nm)가 빛을 내는데 더 중

요한 요인이 된다.



〈그림 2.1〉 Ne,Ar,Hg 에너지 준위



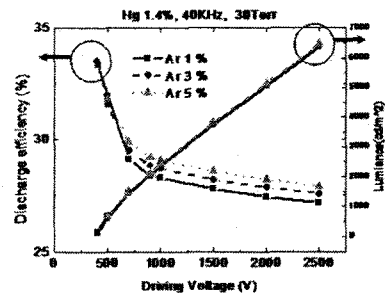
〈그림 2.2〉 Hg의 에너지 준위

2.2 수치해석 결과.

2차원 유체 수치해석을 통해서 방전효율, 휘도, 전압밀도, Hg $^3P_1$  밀도를 알 수 있다.

$$Efficiency(\%) = \frac{W_{UV}}{W_i} \quad (4)$$

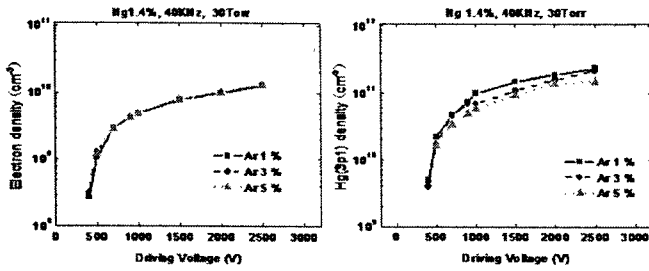
$W_{UV}$ 는 UV를 생성하는데 쓰인 전체 에너지를 뜻하며,  $W_i$ 는 방전을 일으키는데에 쓰여진 전체 에너지를 뜻한다. 즉, 방전효율이 높다는 것은 방전에 대해서 여기로 인한 UV를 생성하는 데에 많은 에너지가 소모되었다는 것을 뜻한다.



〈그림 3〉전압에 따른 효율,휘도 특성 (Ar:3,5,7%)

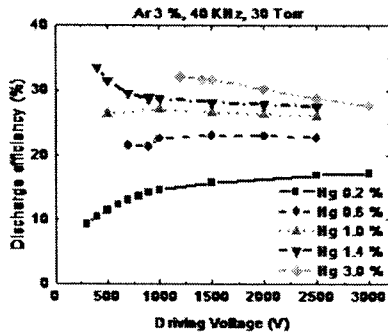
그림 3는 Hg 1.4% 비율에 Ar 가스비율을 바꾸면서 나타나는 전압에 따른 방전특성이다. 전압의 주파수는 40kHz이며, 기체압력은 30Torr이다. 전압이 높아짐에 따라 방전효율(discharge efficiency)가 이온화 과정에서 전자에너지

로 많이 분배되어 감소하는 것을 알 수 있다. Ar의 가스비율이 증가하면서 방전효율이 약간 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 Hg<sup>+</sup> ion의 이동도가 Ar에 의한 영향보다는 Ne에 의한 영향이 훨씬 크기 때문에 Ar의 가스비율 증가로 인하여 ion wall loss는 감소하고, 이 때문에 효율이 증가했으나, 휘도는 거의 같았다. 이는 주로 Hg중에 의해서 이온화가 일어나기 때문에 전자밀도는 Ar의 가스비율과는 관계가 없다.



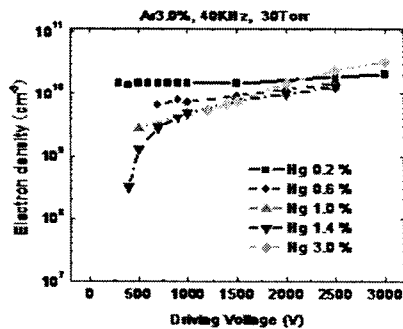
〈그림 4〉 전압에 따른 전자밀도, Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub> 밀도 특성 (Ar:3,5,7%)

그림4는 Ar가스 비율을 바꾸면서 전압에 대한 전자밀도와 빛을 내는데 중요한 Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub>의 밀도를 나타낸 그림이다. Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub>의 밀도는 Ar의 가스비율이 증가 할수록 약간 감소하였고, 이에 비하여 전자밀도는 거의 일치하고 있다. 이는 Ar의 이온화 에너지가 Hg의 이온화 에너지 보다 높아서 주로 Hg 중에 의해서 이온화가 일어나기 때문에 전자밀도는 Ar의 가스비율과는 관계가 없다.



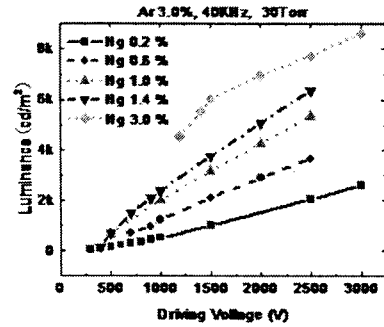
〈그림 5〉 Hg의 혼합비에 대한 효율특성 (Ar3%, 40Hz)

그림5는 Ar3%에 대해서 Hg의 가스비율을 바꾸면서 나타나는 전압에 따른 효율특성이다. Ar 가스비율의 경향과는 달리 Hg의 가스비율의 변화에 따라 방전 효율이 크게 변하는 것을 알 수 있다. 그림 6은 전자 밀도의 변화를 나타낸 그림으로서, 전자밀도는 Ar의 가스비율에 따른 변화보다 Hg의 가스비율에 다른 변화가 훨씬 크다. 그래서, 방전에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 Hg임을 알 수 있다.

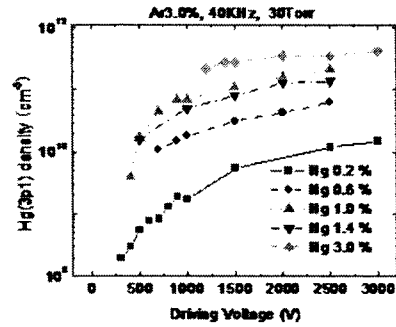


〈그림 6〉 Hg의 혼합비에 대한 밀도 (Ar3%, 40Hz)

그림7,8은 Ar3%에 대해서 Hg의 가스비율을 바꾸면서 나타나는 전압에 따른 휘도와 Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub>의 밀도 특성이다. Hg의 가스비율이 높아짐에 따라 Hg의 가스비율에 따른 Hg의 여기화에 따른 에너지가 증가로, 휘도, Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub>의 밀도 증가를 가져왔고, 휘도의 증가는 방전효율의 증가로 나타내게 되었다. 하지만, Hg의 가스비율이 3%가 되었을 때 방전전압이 상승하게 되었다. Ar과는 달리 Hg의 가스 비율은 방전전압에도 영향을 준다는 것을 알 수 있다.



〈그림 7〉 Hg의 혼합비에 대한 휘도특성 (Ar3%, 40Hz)



〈그림 8〉 Hg의 혼합비에 대한 Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub> 특성 (Ar3%, 40Hz)

### 3. 결 론

본 연구에서는 LCD backlight의 대형화에 맞추어서 기존의 냉음극형광램프(CFLs)보다 구조가 단순하고 가격을 절감할 수 있는 외부전극형광램프(EEFL)를 수치해석 하였다. 방전효율, 전자, 여기종밀도, 그리고 휘도 등은 인가전압, 주파수, Hg와 Ar의 분압비, 혼합기체 압력 등에 의해서 바뀔 수 있다. 방전효율에 가장 중요한 영향을 미친 요소는 Hg 비율이며, Hg의 비율이 높을수록 방전효율이 증가하였다. 인가전압이 높아질수록, 그에 따른 이온화 손실과 벽 손실 때문에 방전효율은 감소한다. 그러나 낮은 혼합기체 압력의 영역에서는 휘도와 Hg<sup>3</sup>P<sub>1</sub>의 밀도의 경향이 비슷하지 않았다. 일반적으로 휘도는 인가전압이 높을수록 Hg의 비율이 높을수록 증가하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] R. Y. Pai: SID'97 Digest, pp. 371-374 (1997).
- [2] T. S. Cho *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 41, p. 7518 (2002).
- [3] G. Cho *et al.*: SID'03 Digest, pp. 1368-1371 (2003).
- [4] Y. Takeda, M. Takagi, T. Kurita: IDW'02 Digest, pp. 489-492 (2002).
- [5] T. Shiga *et al.*: J. Lighting & Visual Environment, Vol. 25, pp. 10-14 (2001).