

무수은 평판형 형광램프의 제작 및 방전특성

*이명호, 임민수, 이문주, *임기조

*충북대학교 전기공학과, (주)EMD

Discharge and Characteristic of Hg-free Flat Fluorescent Lamp

*Myoung-Ho Lee, Min-Su Lim, Mun-Ju Lee, *Kee-Joe Lim

*Chungbuk Uni., EMD

요 약

본 논문은 LCD Backlight로 사용되고 있는 CCFL의 문제점을 해결하기 위해 간단한 구조를 가지는 mercury-free, Xe 평판형 형광램프에 대한 연구를 하였다. 일반적으로, 수은을 포함한 형광램프는 낮은 온도에서의 휘도문제와 상대적으로 긴 점등시간, 수명과 특히, 환경 문제가 있다. 본 논문에서는 화학적으로 안정한 불활성 가스인 Xe을 사용함으로써 기존의 백라이트가 가지고 있는 문제점을 해결하였다. 제작된 8인치(200×156×10mm) 램프는 AC 펄스 전압에 의해 높은 균일도, 안정한 방전, 우수한 전기적 및 광학적 특성을 가진다. 또한 본 연구에서, 무수은 Xe 평판형 형광램프의 전극폭에 대한 전기적 및 광학적 실험을 통하여 90[%]의 균일도에서 7,000[cd/m²]의 휘도와 30[lm/W]의 효율을 얻었다.

Key Words: LCD, 백라이트(Backlight), Lamp, Plasma Discharge

1. 서 론

90년대 후반부터, 광원의 유해 물질, 예를 들어 Hg, Pb등을 줄이거나 제거하기 위한 연구가 진행되어왔다. 현재 LCD Backlight로 사용하고 있는 lamp는 수은을 사용함으로써 환경적인 문제뿐만 아니라 광 출력이 주위의 온도에 영향을 받으며 수명에 문제가 있어서 수은을 Xe, Kr, Ar과 같은 rare gas로 대체하는 연구가 진행되고 있다. 현재 rare gas중 Xe을 사용한 lamp에 관심을 가지며 활발한 연구가 진행 중에 있다.^{[1]-[3]} Xe을 사용한 형광램프는 Xe 가스가 화학적으로 안정한 불활성 가스이고, 강한 Vacuum ultraviolet(VUV) 방사를 방전으로부터 얻을 수 있고, 또한, 긴 VUV 방사 파장을 가짐으로 형광체의 손실을 줄일 수 있다는 특징으로 인하여 수은을 대체한 가스로 채택되어지고 있다.^[4] 이러한 특성을 가짐에도 불구하고 현재까지 수은에 비해서 효율이 낮은 단점을 가지고 있다. LCD의 백라이트 또는 조명에 이용하기 위해서는 효율을 높이기 위한 전극설계, 구동조건, 램프의 재료 선정등의 최적화가 필요하며 효율을 높이며 LCD의 백라이트로서의 특성인 90[%] 이상의

휘도 균일도(Uniformity), 7,000[cd/m²]이상의 고휘도, 고명암비, 넓은 온도하에서도 안정한 광 출력을 가져야 하는 것 등이 강조되고 있다. 본 연구에서는 기존의 CCFL에서 갖는 환경문제와 기술적 문제인 고휘도, 균일도, 장수명화, 넓은 온도하에서의 안정성등을 해결하고자 Xe을 사용한 평판형 형광램프를 제작하고 효율을 증가시키기 위한 전극폭에 따른 방전특성에 대해 논하고자 한다. 또한 최적의 전극폭을 선택함으로써 휘도 및 효율의 증가함을 보였다.

2. 실험

그림1은 본 연구에 의해 제작된 무수은 Xe 평판형 형광램프의 구조를 보이고 있다. Xe 평판형 형광램프가 가시광을 방출하는 과정은 외부 전원에 의한 가스 방전으로 형광체의 여기원인 자외선이 발생하는 과정, 방전영역에서 방출되는 자외선이 상부패널과 하부패널에 도포된 형광체까지 도달하는 과정, 자외선에 의하여 형광체에서 가시광이 방출되는 과정으로 나타낼 수 있다.

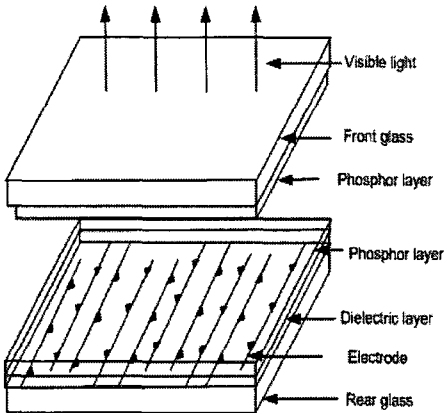


그림1. 평판형 형광램프의 구조
Fig1. Structure of Flat Fluorescent lamp

전면유리판에 형광체층을 배치하여 전면부를 구성하고, 후면 유리판에는 백색 반사판을 배치하고, 그 위에 전극을 평면 배치하며, 전극간의 절연을 위해 유전체층을 그 위에 도포한 후, 유전체층 위에 형광체층을 배치하여 후면부를 구성한다. 전면부와 후면부를 지지대와 스페이서를 사이에 두고 접합한 후 미리 형성한 hole에 가스를 주입하기 위하여 로터리와 터보 펌프를 사용하여 10^{-6} [Torr]의 진공 상태로 만든 후 Xe gas를 주입한 후 유리기판을 사용하여 봉합하였다. 제작된 평판형 형광램프의 두 전극에 그림2와 같은 AC 펄스전압을 인가하면 방전에 의해 자외선이 발생하고 이 자외선이 형광체를 여기시키므로서 발광이 일어나게 된다. 그림 2는 인가된 전압에 대한 파형을 보이고 있다.

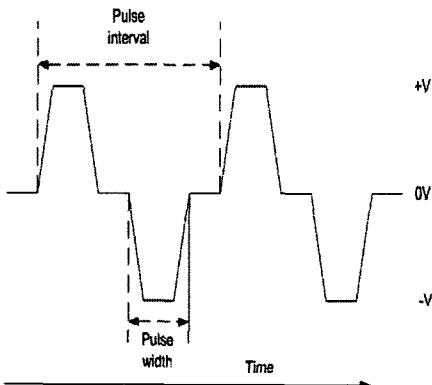


그림2 인가된 전압의 파형
Fig2. Waveform of driving pulse

평판형 형광램프의 두 전극에 그림2와 같은 파형을 인가하였을때 방전개시전압(V_f)을 넘으면 램프가 방전을 하면서 발광하게 된다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림3은 구동전압과 방전전류 및 전력에 대한 파형을 보이고 있다.

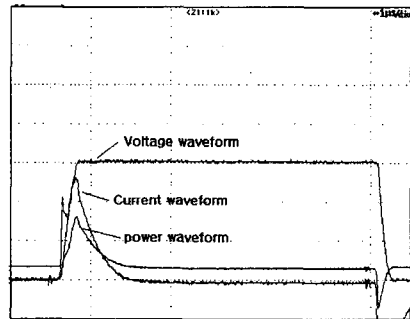


그림3. 구동전압과 전류 파형
Fig3. The waveform of applied voltage and current

전류파형은 두개의 피크로 이루어지며 첫 번째 피크는 용량성 변위전류(displacement current)이고, 두 번째 피크는 가스방전에 의한 방전전류(discharge current)를 보이고 있다.

그림4는 전극폭에 따른 방전특성을 보이고 있다. 그림에서와 같이 방전개시전압은 전극폭에 따라 큰 차이를 보이지 않는다. 초기의 방전개시전압은 음극과 양극의 전극폭과는 상관없이 거리에 의해서만 영향을 받는다. 이는 양극의 edge부근과

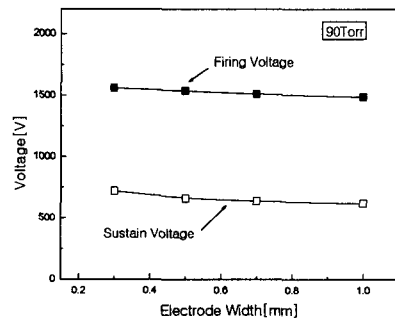


그림4. 전극폭에 따른 방전개시전압 특성
Fig4. Breakdown voltage characteristics as electrode width

음극의 edge부근의 전자와 이온의 영향에 의해서 방전이 개시됨을 알 수 있다. 방전유지전압은 전극폭이 증가할수록 약간 감소되었다. 이는 방전중에 발생한 하전입자가 방전 공간의 표면에 축적되어 벽전압을 형성하고 이 벽전압이 클수록 유지전압이 낮아지는 것으로 생각된다. 벽전압이 전극폭에 비례하여 증가하지만 완전 비례는 아님을 알 수 있다. 방전유지전압(sustain voltage)은 전극폭에 큰 관계없고 full-off voltage는 전극폭이 증가함으로 약간 낮아진다. 이는 $V=Q/C$ 에서 전극폭이 증가하면서 용량성의 증가와 함께 벽전압이 비례하여 증가함으로서 벽전압은 일정하여 방전유지전압은 일정하나 폭의 증가는 확실적으로 많은 하전입자를 만들어 full-off voltage를 낮추었다.

그림5는 전극폭의 증가에 따른 방전전류파형을 보이고 있다. 전극폭이 증가하면서 방전전류의 피크치가 커지며 전극의 면적의 증가로 인하여 축적되는 전하의 양이 증가하기 때문으로 생각된다. 변위전류의 피크치는 전극폭에 비례하여 증가하는데 이는 전극폭이 증가하면 전극 면적이 넓어지게 되므로 전극의 용량이 커지게 되기 때문으로 생각된다. 방전의 늦음은 전극의 폭과는 관계없이 동일함을 나타내었다. 변위전류는 발광에는 기여하지 않고 용량성 부하에 의하여 소모되는 전력으로서 용량성이 증가하게 되면 발열이나 효율의 저하를 가져온다.

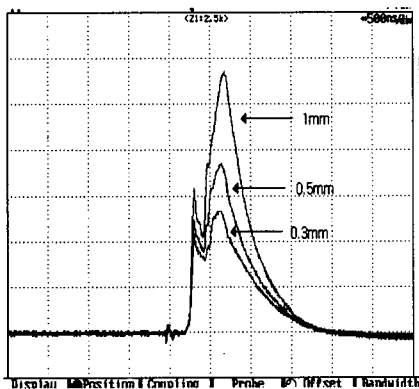


그림5. 전극폭에 따른 방전전류 파형
Fig5. Discharge Current Waveform as electrode width

그림6은 전극폭의 증가에 따른 전류값을 보이고

있다. 전극폭이 증가하면서 전류가 증가하는데 이는 위에서 설명한것과 같이 전극의 면적의 증가로 인하여 축적되는 전하의 양이 증가하기 때문으로 생각된다. 또한, 전극폭이 증가하면 전극 면적이 넓어지게 되므로 전극의 용량이 커지게 되기 때문

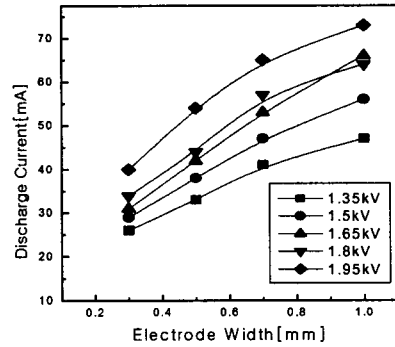


그림6. 전극폭에 따른 전류 특성
Fig6. Current characteristics as electrode width

으로 생각된다. 그러므로 전극의 폭이 증가하면 변위전류와 방전전류가 증가함으로서 소비전력도 증가하게 되므로, 휘도를 고려하여 광효율이 가장 높아질 수 있는 전극의 폭을 선택해야 한다.

그림 7은 전극폭에 따른 휘도특성을 보이고 있다. 전극폭이 증가할수록 휘도가 증가하는데 이는 동일 유지 전압에서 전극폭이 증가함으로 전류의 값이 커지며 전극의 폭이 커짐에 따라 유지시간이 증가함으로 전자가 여기 확률을 증가시켜 휘도가 증가함으로 볼 수 있다.

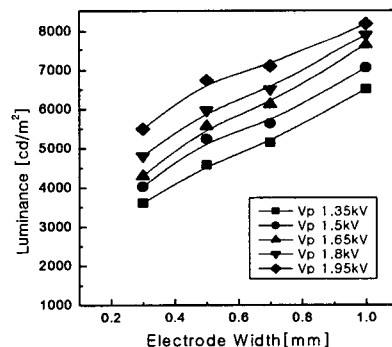


그림7. 전극폭에 따른 휘도 특성
Fig7. Luminance characteristics as electrode width

그림8은 전극폭에 따른 효율특성을 보이고 있다. 전극의 폭이 증가할수록 비례하여 소비전력은 증가하였으나, 휘도의 경우는 전류의 양에 비해 증가하는 폭이 적기 때문에 효율은 0.5mm에서 작아지는 경향을 보이고 있다. 소비전력이 증가하는 것은 전극폭이 증가하면 변위전류와 방전전류가 증가하여 소비전력이 증가하고, 효율이 포화 하는 것은 일정 전극폭 이상에서는 방전공간의 확대에 의한 Xe*의 여기붕괴 확률이 증가하여 발광에 기여하는 여기입자의 밀도가 크게 증가하지 않기 때문으로 생각된다.

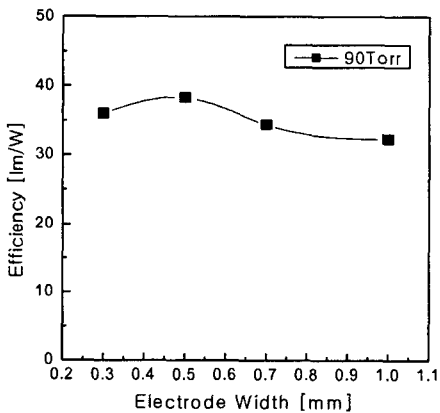


그림8. 전극폭에 따른 효율
Fig8. Efficiency as electrode width

4. 결론

본 논문에서는 수은을 사용한 Backlight의 문제점을 해결하기 위하여 무수은 Xe 평판형 형광램프에 대해 연구 하였고 lamp의 구조 및 방전원리에 대해 이해하였다. 전극폭이 넓어질수록 휘도는 증가하나 효율적인 측면에서는 전류의 증가치가 더 크므로 효율은 낮아졌다. 따라서 최적의 전극폭을 선택해야 휘도 및 효율 면에서 우수한 특성을 가질 수 있다. 본 논문에서는 전극폭 및 구동조건만을 예로 들어 전기적 및 광학적 특성에 대해 논하였으나 다른 특성도 고려되어야 한다. 전극간격, gas압, 재료에 의한 특성도 고려되어야 한다. 본 연구에 의해서 제작된 8인치 Xe 평판형 형광램프는 우수한 균일도, 안정한 방전을 가지며 0.5mm전

극폭에서 90[%]의 균일도, 7,000[cd/m²]이상의 휘도와 30[lm/W]의 효율을 얻었다.

참고문헌

- [1]M.Illmer "Hg-free flat panel Light Source PLANON a promising candidate for Future LCD Backlights" SID 00 Digest 931-933
- [2]T.Shiga,"Study of efficacy in a mercury-free flat discharge fluorescent lamp using a zero-dimensional positive column model" J.Appl.Phys. 36. pp512-521, 2003
- [3]Masafumi Jinno, "Fundamental Research on Mercuryless rare Gas Fluorescent Lamps at Pulsed Discharge" IEEE pp 2151-2157, 1998
- [4]S.Kishimoto "Flat Fluorescent lamp for LCD back-lighting" DSOII SPIE Vol. 1117, pp168-169, 1989
- [5]Shigeo Mikoshiba "Xe Discharge Backlights for LCDs" SID'01 Digest pp 286-289, 2001