

외부전극형 형광램프의 입력 주파수에 따른 휘도 특성

최 용성¹, 조 재철², 이 경섭¹

¹동신대학교, ²초당대학교

Brightness Characteristics by Applied Frequency for External Electrode Fluorescent Lamp

Yong-Sung Choi¹, Jae-Cheol Cho², Kyung-Sup Lee¹

¹Dongshin University, ²Chodang University

Abstract : An external electrode fluorescent lamps (EEFLs) have the advantage of a long lifetime in the early stages of the study on plasma discharge, interest in the lamp continues. Studies on the operation of external electrode fluorescent lamps have focused mainly on its use of a type of high frequency (MHz). By performing high brightness using a square wave operation method with the low frequency below 100kHz, which is applied to a narrowed tube type lamp that has several mm of lamp diameter, an EEFL presented the possibility of using it as a light source for backlights. However, because an EEFL generates plasma using wall charges, which considers the impedance characteristics of glass based on the structural principle in discharge, it can be significantly affected by frequency. Thus, this study verifies the change in the characteristics of electromagnetic fields according to the change in frequency through a Maxwell's electromagnetic field simulation and examines the relationship between the change in the EEFL frequency and brightness by measuring the optical characteristics. In addition, the characteristics of the transformation of energy orbits were verified by investigating the characteristics of the wavelength according to the change in frequency through the OES.

Key Words : External electrode fluorescent lamp, Plasma discharge, Brightness, Back-light, Electromagnetic field

1. 서 론

외부전극 형광램프는 플라즈마 방전 연구 초창기부터 장수명이라는 이점을 가지고 있어 연구의 관심이 지속되고 있다. 또한 제작이 간단하다는 이점을 가지고 있어 기업에서도 관심이 있는 분야이기도 하다. 지금까지 외부전극 형광램프는 주로 고주파(MHz)에 의한 구동이 연구되었다.

그러나 고주파 구동시 고주파 전원장치의 소형화와 전자기파의 방사 문제를 해결하지 못하여 Liquid Crystal Displays(LCD) Back Light Unit(BLU)로 적용하는데 어려움이 있다.

최근 램프 직경이 수 mm인 세관형 램프를 100 kHz 이하의 저주파에 의한 구동으로 고휘도를 달성하면서 EEFL이 백라이트 광원으로서의 가능성을 보였다[1, 2].

그러나 외부전극 형광램프는 방전 구조 원리상 유리의 임피던스 특성이 고려된 벽전하에 의해 플라즈마가 형성되기 때문에 주파수에 따른 영향력이 크다. 외부전극 형광 램프에 인가한 주파수가 낮을수록 유리의 임피던스가 커서 충분한 전력을 내부 회가스에 전달하기 힘들다. 반면 주파수가 너무 큰 경우 큰 전력을 공급할 수 있기 때

문에 휘도 특성은 높아지지만 전류밀도가 증가하기 때문에 전체적인 효율은 떨어진다.

따라서 본 연구는 EEFL의 적정 주파수를 구하기 위하여, Maxwell 전자계 시뮬레이션을 통해 주파수 변화에 따른 전자계 특성 변화를 확인하였으며, 광학적 특성을 측정하여 EEFL의 주파수 변화와 휘도와의 상관관계를 고찰하였다. 또 OES를 통해 주파수 변화에 따른 파장별 특성을 확인함으로써 수은의 에너지 궤도 변환 특성을 확인하였다.

2. 실험 방법

외부전극 형광램프는 방전 공간 내부에 전극이 없으며, 유리관 양끝 외부에 설치된 외관전극의 용량성 결합에 의하여 작동된다. 냉음극 형광램프가 방전관 내부의 양 끝에 설치된 금속전극이 방전 플라즈마에 노출되어 직접 금속전극으로 전류가 흐르는 직류형 방전인 반면에, 외관전극 형광램프는 방전관 내부의 양끝에 벽전하가 쌓여서 플라즈마 전류가 방전관 내에 교차적으로 흐르는 교류형 방전이다. 따라서 외관전극 램프는 전극이 직접 플라즈마와 상호 작용을 피할 수 있어서 수명이 유리하다.

그림 1은 Hg의 에너지 준위이다. (c), (d)는 공명준위(resonance level)를 나타내어 기저상태로 천이하면서 자

외선 영역의 에너지를 방출한다. 반면 (a), (b)는 준안정 상태에서 긴 life time을 가지며 435.8nm, 491.6nm의 가시광선을 방출한다.

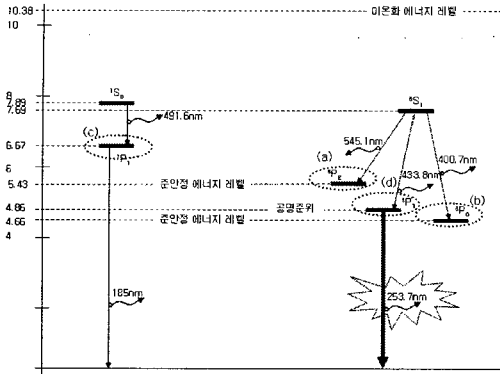
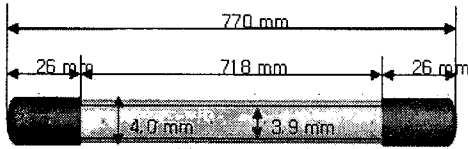
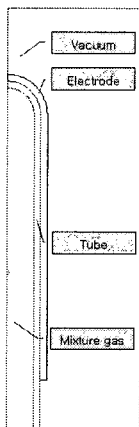


그림 1. 수은의 에너지 준위

주파수 특성에 따른 전자계 특성을 확인하기 위하여 그림 2의 (a)와 같이 램프를 구성하였으며 Ansoft의 Maxwell 2D Field Simulator를 사용하여 전자계 특성을 확인하였다.



(a) EEFL의 외관도



(b) Maxwell 2D Field Simulator을 위한 단면도

그림 2. EEFL 및 단면도

램프의 외경은 4.0mm, 내경은 3.9mm, 총길이는 770mm 이다. 전극길이는 26mm 이며 발광길이는 718mm이다. 전극의 재질은 전도성이 $3.8 \times 10^7 \text{ s/m}$ 인 Si를 사용하였다. 입력 전압은 1500 V, 주파수는 20 ~ 60

kHz을 10kHz 단위로 증가 시키면서 시뮬레이션을 시행하였다. 이외의 영역에서는 비투과율이 1이고, 도전율이 0인 공기로 입력하여 실행하였다. 또한, 램프 내부의 가스 유리에 대해서는 고려하지 않고 시뮬레이션을 시행하였다.

그림 2 (b)는 EEFL의 전자계 형성과정을 확인하기 위하여 2차원 직교좌표의 교류자장으로 시뮬레이션하기 위한 단면도이며 단면도 중심부를 기준으로 거리에 따른 전자계 특성을 확인하였다.

주파수 변화에 따른 광학적 특성을 확인하기 위하여 그림 3과 같이 LS-100 휘도계를 사용하여 휘도 특성을 확인하였으며 PSI DASA-2000을 이용하여 OES특성을 확인하였다. 측정 거리는 Close-up lens를 사용하여 5cm에서 측정하였다.

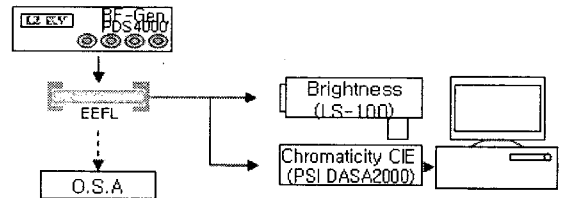


그림 3. EEFL의 광학특성 측정 구성도

3. 결과 및 고찰

외부전극 형광램프의 전자계 분포는 그림 4과 같다. EEFL의 경우 전극은 램프의 끝부분에 위치하며 전류를 인가함에 따라 유리관벽 내부에 벽전하가 형성되어 벌브 안에 있는 수은을 입자의 가속으로 이온화와 여기가 증가되어 플라즈마가 형성되어 나타난다. 그림 4에서 보듯이 전극으로 거리가 멀어짐에 따라 전계가 $1.5173 \times 10^{-12} \text{ Wb}$ 에서 $7.5863 \times 10^{-14} \text{ Wb}$ 로 감소하는 특성을 보였다.

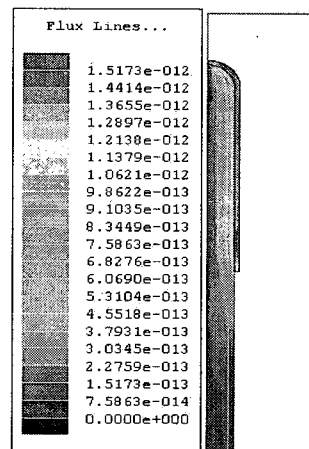


그림 4. 외부전극 주위에 형성된 전계

그림 5는 40W에서 외부전극 형광램프의 중심축을 기준으로 해석한 자계세기 분포도이다. 전극을 중심을 전계 특성이 집중되었으며 전극 길이 λ 의 1/3의 지점 자계강도가 $0.6A/m^2$ 으로 가장 강하게 나타났다. 즉, 1/3 지점에 전계가 집중되기 때문에 핀홀 현상 등을 야기시킴으로써 램프의 수명에 큰 영향을 미침을 확인할 수 있다.

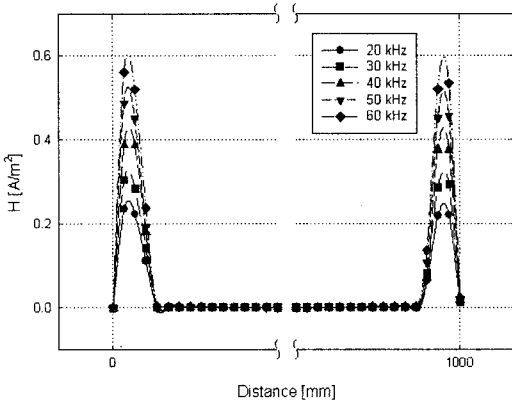


그림 5. 전자계 시뮬레이션의 자계세기분포

EEFL의 주파수 변화에 따른 광학적 특성을 확인하기 위하여 그림 6과 같이 전압을 800~2000V로 변화시켜 주파수 의존성을 확인하였다. 주파수가 증가함에 따라 방전이 발생되는 빈도가 증가하여 전체적인 휘도는 증가하였다. 또 전압이 증가함에 따라 휘도특성은 포화되는 현상을 보였으며 전체적으로 효율 특성이 감소함을 알 수 있다.

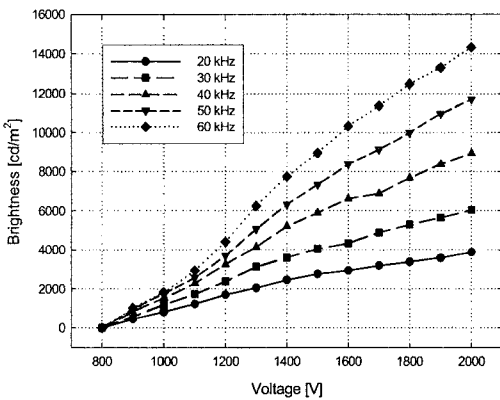


그림 6. 주파수 변화에 따른 휘도특성

OES를 통한 주파수 변화에 따른 스펙트럼을 확인한 그림 7의 결과로부터 430~500nm 파장의 Intensity가 6.0×10^4 에서 1.0×10^5 로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 그림 1의 수은의 에너지 준위에서 보는 바와 같이 주파수가 증가함에 따라 6^1P_1 과 6^3P_2 영역대의 준안정 준위로의 에너지 천이가 증가함에 따라 435.8nm, 491.6nm

의 가시광선 영역이 증가함을 알 수 있다. 또한, 6^3P_2 영역으로의 에너지 천이는 주파수와 관계없이 일정함을 알 수 있었다.

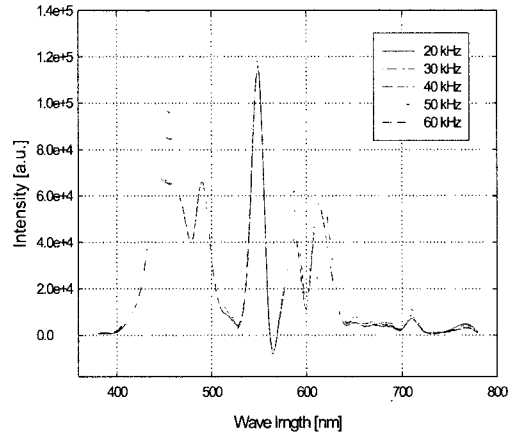


그림 7. 주파수 변화에 따른 스펙트럼

인덕턴스 변화 조건을 바탕으로 코일의 권선수 변화에 따라 10 W단위로 10~150 W의 전력을 인가하였을 때 그림 8에서 휘도특성과 모드 변환 전력을 확인하였다. 코일의 전체 간격은 100 mm로 일정히 한 후 2회 단위로 4~12회까지 변화시켜가면서 휘도 특성을 측정하였다. RF 전력 150 W, 8회의 코일을 감았을 때 $23,090 \text{ cd/m}^2$ 의 높은 휘도 특성을 보였다. 권선수를 감소할수록 높은

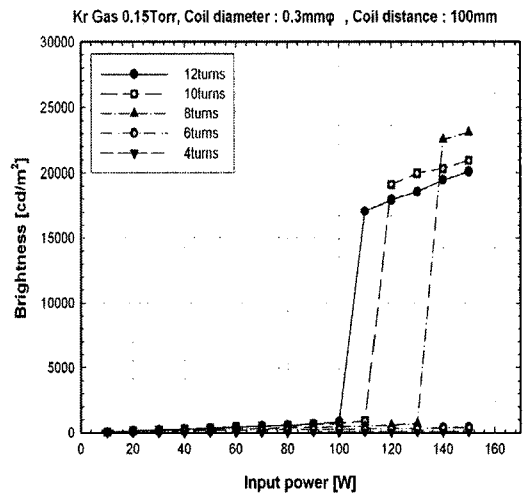


그림 8. 코일의 권선수와 RF 전력 변화에 따른 휘도 특성

전력에서 자기적 모드로 전환이 이루어졌으며 코일의 권선수가 4~6회일 때 230 W 이상에서 자기적 모드로 전환하였다. 이와 같은 결과는 일정 거리에 따른 권선수가 증가할수록 상대적인 자속밀도를 증가시킨다. 증가된 자속밀도는 유도 코일에 의한 전자기파의 에너지 변환율을

강화시켜 보다 낮은 전력에서 모드 전환이 이루어진 것으로 사료된다. 결국 그림 5의 코일의 직경 변화에 따른 모드 변환 전력을 비교하였을 경우 그림 8의 권선수 변화에 대한 의존성이 더 크게 작용함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 Maxwell 전자계 시뮬레이션을 통해 주파수 변화에 따른 전자계 특성 변화를 확인하였으며 광학적 특성을 측정하여 EEFL의 주파수 변화와 휘도와외의 상관관계를 고찰하였다. 또한, OES를 통해 주파수 변화에 따른 파장별 특성을 통해 수은의 에너지 궤도 변환 특성을 확인하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 주파수 변화에 따른 전자계 특성을 확인한 결과, 전극을 중심에 전계 특성이 집중되었으며 전극 길이 λ 의 1/3 지점 자기장도가 $0.6A/m^2$ 으로 가장 강하게 나타났다.
- 2) EEFL의 주파수 변화에 따른 광학적 특성을 확인한 결과 주파수가 증가함에 따라 방전이 발생하는 빈도가 증가하여 전체적이 휘도는 증가하였다. 또 전압이 증가함에 따라 휘도특성은 포화되는 현상을 보였으며 전체적으로 효율 특성이 감소함을 알 수 있다.
- 3) OES를 통한 주파수 변화에 따른 스펙트럼을 측정한 결과 주파수가 증가함에 따라 6^1P_1 과 6^3P_1 영역대의 준안정 준위로의 에너지 천이가 증가함에 따라 435.8nm, 491.6nm의 가시광선 영역이 증가 하였으며 6^3P_2 영역으로의 에너지 천이는 주파수와 관계없이 일정함을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 전력산업 기초인력양성사업 (I-2006-0-092-01)에 의해 작성되었습니다.

참고 문헌

- [1] 권남욱, 김영미, 김성중, 조태승, 최은하, 조광섭, 김봉수, 천장호, 강준길, "외관전극 형광램프 백라이트의 자기방전 동기화 구동", 새물리, 46, 277~282, 2002.
- [2] 조태승, 김영미, 권남욱, 김성중, 강준길, 최은하, 조광섭, "외관전극 형광램프의 전극 길이 효과" 새물리, 44, 42~47, 2002.
- [3] T. S. Cho, Y. M. Kim, N. O. Kwon, S. J. Kim, J. G. Kang, E. H. Choi and G. S. cho, Jpn. J. Appl. Phys. 41, part 2, No. 3B, p.L355, 2002.
- [4] J. J. Thomson, Philosophical Magazine, 32, 32, 1891.
- [5] N. Kwon, Y. Kim, H. Kim, S. Kim, D. Gill, T. Cho, Y. Kim, J. Ko, E. Choi, G. Cho, B. Hong, H. Sohn and B. Yu, Preceedings of the 21st International Display Research Conference in conjunction with 8th International Display Workshop, p.625, 2001.
- [6] G. I. Babat. J. IEE, 94, Pt. 3, p.27, 1947.
- [7] Cho T. S. et al., J. Appl. Phys. 41L355, 2002.