

외부전극 형광램프를 위한 유도-용량형 플라즈마의 휘도특성

이성진, 최기승, 채수길*, 박대희
원광대학교, (주) SET*

Brightness Property of ICCP(Inductive Capacitive Coupled Plasma) for External Electrode Fluorescent Lamp (EEFL)

Seong-Jin Lee, Gi-Seung Choi, Su-Gil Chai*, Dae-Hee Park
Wonkwang University, SET Co., Ltd

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.

To solve these problems of CCFL, EEFL (External Electrode Fluorescent Lamp) is introduced. Because electrode of EEFL is on the outer surface of discharge tube, the electrode is perfectly prevented from the sputtering by accelerated ions. And it is possible to drive the many CCFLs at the same time, because EEFL shows the positively resistant characteristic. But EEFL has the large non-radiative power loss in sheath.

In this study the novel electrode structure was introduced in order to reduce non-radiative power loss in sheath of EEFL. The novel electrode structure comes from the idea to combine conceptually capacitive discharge with inductive discharge.

Thus, this study verifies the change in the optical characteristics according to the change in electrode structure through a Maxwell's electromagnetic field simulation and examines the relationship between the change in the EEFL electrode structure and brightness by measuring the optical characteristics.

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. [1, 2]

그러나 고주파 구동시 고주파 전원장치의 소형화와 전자기파의 방사 문제를 해결하지 못하여 Liquid Crystal Displays(LCD) Back Light Unit(BLU)로 적용하는데 어려움이 있다. [3, 4, 6]

최근 램프 직경이 수 mm인 새관형 램프를 100 kHz 이하의 저주파에 의한 구형파 구동으로 고휘도를 달성하면서 EEFL이 백라이트 광원으로서의 가능성을 보였다. [3, 4, 5]

용량형 방전은 외부 전극 하부에 전위 강하라 하는 비발광 영역이 존재하게 되는데 이 부분에서는 주로 플라즈마를 유지하기 위한 이온의 가속이 일어난다. 대부분 용량형 방전에서 주된 전력 소모는 바로 전위 강하에서 일어나게 되는데 이 영역의 전력 소모를 최소화하는 것이 전체 램프의 광효율을 증가시킬 수 있는 방법이 된다. [9]

따라서 본 연구는 기존의 외부 전극 형광 램프의 효율 증진을 위하여 외부 전극 후면에 유도 코일을 설치한 형태의 전극 구조를 제안한다. 개념적으로 본 연구에서 제안하는 전극 구조는 기존 용량형 방전에 유도형 방전의 원리를 접목시킨 것이다.

EEFL을 위한 유도-용량형 플라즈마의 광학적 특성을 확인하기 위해 Maxwell 전자계 시뮬레이션을 통해 전극 구조 변화에 따른 전자계 특성 변화를 확인하였으며, 광학적 특성을 측정하여 EEFL의 전극 구조 변화와 휘도와의 상관관계를 고찰하였다.

2. 본 론

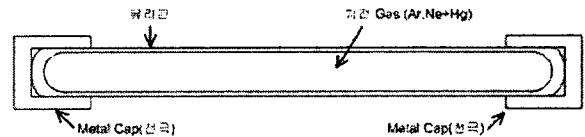
2.1 시료 및 실험방법

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 수명에 유리하다.

그림 1은 EEFL의 기본 구조를 보여주며, 이러한 램프는 전극이 직접 플라즈마와 상호작용을 피할 수 있어서 수명에 유리하다. 또한 전극이 외부에 있으므로 램프의 제작이 매우 간편하며 변형이 용이하여 다양한 형태의 램프제작이 가능하다.

EEFL의 발광 원리는 램프의 외부 전극에 고주파, 고전압을 인가하면 램프 전극에 강한 전계가 발생하고 이 전계에 의해서 내부 가스가 여기되어 진공 자외선(VUV;Vacum Ultra Biolet)이 발생한다. 이렇게 발생된 진공 자외선이 형광체를 여기시키며 에너지를 빛의 형태로 방출함으로써 발광이 이루어진다. [4, 7, 8]

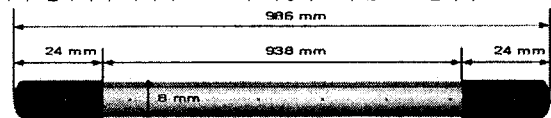


〈그림 1〉 EEFL의 기본구조

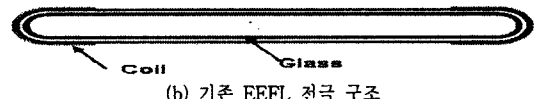
EEFL은 전극 구조에 따라 전자계의 분포도가 변화한다. 이러한 전자계 분포도를 확인하기 위해 그림 2의 (a)와 같이 램프를 구성하였으며 Ansoft의 Maxwell 2D Field Simulator를 사용하여 전자계 특성을 확인하였다.

램프의 외경은 8.0mm, 총길이는 986mm 이다. 전극길이는 24mm 이며 발광길이는 938mm이다. 전극의 재질은 전도성이 3.8x10⁷S/m 인 Al을 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 가스와 유리에 대해서는 고려하지 않고 시뮬레이션을 시행하였다.

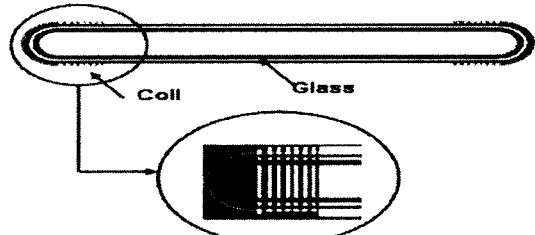
그림 2 (b)는 기존 EEFL의 전극 구조를 나타낸다. 유리관에 가스를 충전하여 봉입한 후 램프 양 끝단에 전극을 형성하는 방법이다. 그림 2 (c)는 새로 제안하는 EEFL 전극 구조로서 전극 끝단의 14mm에 해당하는 부분은 박막 전극이며 나머지 10mm에 해당하는 부분은 코일이다.



(a) EEFL의 외관도



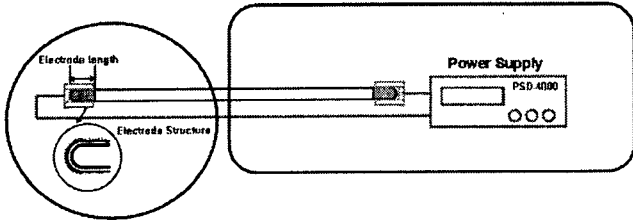
(b) 기존 EEFL 전극 구조



(c) 새로 제안하는 EEFL 전극 구조
〈그림 2〉 EEFL 재원 및 전극 구조

이러한 구조의 전극은 전극 끝단의 박막 전극에 의해 벽전하가 충전되어 전극 양 끝단에 강한 전위차가 발생하여 유리관 내부에 전자의 거동이 발

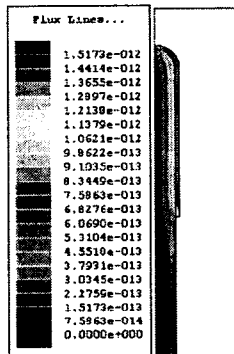
생하여 가스와의 충돌과 함께 VUV가 발생한다. VUV는 유리관 내부에 도포되어 있는 형광체와 반응하여 가시광선을 방출한다.
 또한 코일은 유도전자계를 발생하여 내부의 전자의 거동을 활발하게 해주며 등가회로상의 L(인덕턴스)성분의 추가로 인하여 전극의 임피던스가 감소하고 전력소모가 줄어들어 광효율을 증가시킨다.[8, 9]
 이러한 광학적 특성을 파악하기 위하여 그림 3과 같은 구성으로 ICCP 램프를 구동하였다.



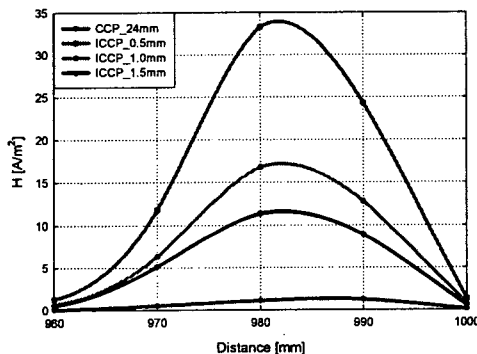
<그림 3> EEFL의 구동방법

2.2 결과 및 고찰

외부전극 형광램프의 전자계 분포는 그림 4와 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 4 (a)에서 보듯이 전극으로 거리가 멀어짐에 따라 전계가 1.5173x10⁻¹²Wb에서 7.5863x10⁻¹⁴Wb로 감소하는 특성을 보였다. 그림 4 (b)는 전극 끝단의 14mm에 해당하는 부분을 박막으로 형성하고 나머지 10mm부분을 코일로 형성한 시료이다. 코일의 직경과 턴수는 0.5mm(20회), 1.0mm(10회), 1.5mm(6회)이다. 기본 EEFL의 전극 구조인 박막 24mm와 비교하여 각각 ICCP_0.5mm(13.6배), ICCP_1.0mm(6.8배), ICCP_1.5mm(4.8배) 증가하는 현상을 보였다. 이러한 현상은 코일의 직경에 따라 전극을 형성하는 코일의 턴수가 증가하여 전자계 유도현상의 증가로 인한 것으로 사료된다.



(a) 외부전극 주위에 형성된 전계



(b) 전극 구조에 따른 자기분포

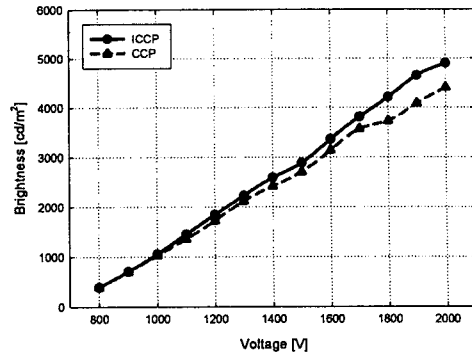
<그림 4> 외부전극형광램프의 전자계 분포도

이러한 코일에 의한 유도전자계의 형성과 증가 현상은 내부 전자의 가속을 유발시킨다. 또한 전자의 가속은 내부 전자의 거동을 활발히 일으키고 플라즈마 발생과 유지에 용이하다. 또한 플라즈마 밀도의 증가는 휘도의 상승에 도움을 준다. [8, 9]

그림 5는 CCP(Capacitive Coupled Plasma)와 ICCP(Inductive Capacitive Coupled Plasma)의 휘도특성을 비교한 그림이다. CCP는 기존 EEFL의 전극 구조를 나타내는 것이며 ICCP는 새로 제안하는 전극 구조를 나타낸다.

하지만 휘도의 증가는 4300cd/m²에서 4900cd/m²으로 600cd/m² 증가하여 전자계 분포도의 증가율보다는 작다. 그 이유는 코일에 의해 유도된 전자계의 증가로 인하여 새로 제안하는 전극의 전자계는 증가하지만 내부 가스의

임피던스와 상호작용 때문에 휘도의 증가폭은 크게 증가하지 않은 것으로 사료된다.



<그림 5> CCP와 ICCP의 휘도특성

3. 결 론

본 연구에서는 Maxwell 전자계 시뮬레이션을 통해 전극 구조 변화에 따른 전자계 특성 변화를 확인하였으며 광학적 특성을 측정하여 EEFL을 위한 ICCP 방전의 전자계 특성과 휘도특성을 고찰하였다.

- 1) 기존 EEFL의 CCP방전의 다른 전자계 특성을 확인한 결과, 전극을 중심에 전계 특성이 집중되었으며 전극 길이 λ의 1/3 지점 자기장강도가 0.6A/m²으로 가장 강하게 나타났다.
- 2) 전극으로 거리가 멀어짐에 따라 전계가 1.5173x10⁻¹²Wb에서 7.5863x10⁻¹⁴Wb로 감소하는 특성을 보였다
- 3) 기존 EEFL은 CCP방전이며, 새로 제안한 ICCP방전의 전자계 시뮬레이션하여 전자계 증가함을 알 수 있었다. 박막전극(14mm)포함하여 코일전극 0.5mm(20회), 1.0mm(10회), 1.5mm(6회)를 비교한 결과 0.5mm(13.6배), 1.0mm(6.8배), 1.5mm(4.8배)의 전자계 증가현상을 알 수 있었다.
- 4) CCP와 ICCP의 휘도특성을 비교한 결과, 휘도의 증가는 4300cd/m²에서 4900cd/m²으로 600cd/m² 증가하였으며 이러한 현상은 전자계 분포도의 증가율보다는 작다. 그 이유는 코일에 의해 유도된 전자계의 증가로 인하여 새로 제안하는 전극의 전자계는 증가하지만 내부 가스의 임피던스와 상호작용 때문에 휘도의 증가폭은 크게 증가하지 않은 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(I-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

[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] G. I. Babat, J. IEE, 94, Pt. 3, p.27, 1947
 [6] Cho T S et., J. Appl. Phys. 41L355, 2002
 [7] 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
 [8] C. Benckling, J. Appl. Phys. 68, 1, 1990
 [9] 이태일, "무전극 LCD 백라이트를 위한 유도-용량형 제는 방전특성 연구", 연세대학교 대학원 2002년도 석사논문, 2002