

제논 DBD 광원의 주파수에 따른 스펙트럼 특성 연구

백광현, 최용성, 박대희
원광대학교

Study on Spectrum Properties by Frequency in Xe DBD lamp

Gwang-Hyeon Pack, Young-Sung Choi, Dae-Hee Park
Wonkwang University

Abstract - The flat panel lamp is used as back light. It is perceived the best type for the wide size LCD of back light system. However, the flat panel lamp has high value of heat. So it need to improve efficiency. Therefore, more researches are requested for the back light of the flat panel lamp. In this paper, the properties of spectrum is investigated according to change in frequency from 30kHz to 60kHz using power supplies voltage with changing from 500V to 700V. As a result, main spectrum peak of plasma showed in 450[nm], 630[nm], 750[nm] and spectrum peak of 750nm is the highest.

1. 서 론

LCD (Liquid Crystal Display)는 다른 디스플레이에 비하여 소비전력이 매우 낮고 두께가 얇다는 장점 때문에 상용화가 가속화 되고 있다. LCD 백라이트로 소형에는 LED, 무기 EL 등이 이용되고, 32"급 대형 디스플레이의 컴퓨터 모니터나 노트북 컴퓨터, TV 디스플레이용은 냉음극 형광램프(CCFL; cold cathode fluorescent lamp)가 널리 사용되고 있다.

특히, 대면적의 디스플레이에 대한 수요가 증가됨에 따라 일본 및 국내 대기업에서 대면적 백라이트에 대한 기술 개발이 시도되어 왔다. 컴퓨터용 LCD모니터의 경우 광학적 요구 조건은 휘도가 200[cd/m²] 정도이며, LCD-TV의 경우는 500[cd/m²]이다. 화면에서의 휘도 균일도도 높아야 하며, 수명은 CCFL이 4~5만 시간을 요구한다^[1]. 이 밖에도 저 소비전력형, 저 가격형, 친환경성에 대한 요구는 WEEE, RoHS, ELV 등 각종 환경규제에 의한 유해 물질의 사용 제한과 금지를 예고하고 있어 기술개발에서 반드시 고려되어야 할 사항이다^[2].

이러한 요구 조건을 고려하여 CCFL의 배치방식 변경, LED, EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp), FEL(Field Emission Lamp), FPFL(Flat Panel Fluorescent Lamp) 등이 제안되고 있다^[3]. FPFL은 EEFL과 유사하게 유전체 장벽 방전(DBD; Dielectric Barrier Discharge)형으로 장수명을 확보할 수 있으며 평판 유리관을 발광면으로 사용하기 때문에 휘도의 균일도가 높은 장점이 있다^{[3][4]}.

또한, 방전가스로 수은이 아닌 불활성 가스(Xe)를 사용하여 친환경적이고 고휘도를 얻을 수 있는 구조이기 때문에 기존의 BLU(Back Light Unit)에서 사용하고 있는 여러 장의 프리즘 시트를 감소시킬 수 있어서 저가격화도 가능하다. 고성능의 램프를 설계하기 위해서 구동 전압 및 주파수에 따른 광학적 특성에 대한 연구가 필요하다. 고성능의 최적 상태로 구동시키기 위한 전기적 특성(전압, 주파수, 펄스폭 등)에 따른 램프 성능에 대한 연구도 요구된다.

따라서 본 논문의 목적은 평판형 광원의 방전 전압에

따른 플라즈마의 스펙트럼 분석을 통하여 적정 구동전압 및 주파수를 찾아내었다.

2. 본 론

2.1 기체 방전 원리

기체를 플라즈마화하는 방법 중 실험실에서 용이하게 실현이 가능한 전기적인 방법은 다음과 같다.

- 1) 직류 방전 플라즈마는 외부 전원에서 일정전압을 인가하여 생성되는 플라즈마로 전가 온도가 10,000[K] 정도의 비교적 저온 플라즈마 생성에 이용된다.
- 2) 교류 방전 플라즈마는 상용 주파수50[Hz]~60[Hz] 정도의 교류전압을 인가하면, 플라즈마중의 전류의 방향이 반주기 별로 변화하는 상태에서 플라즈마가 유지된다. 그 전계가 내부의 기체를 절연파괴시킬 수 있을 정도로 충분히 강하면 플라즈마가 생성된다.
- 3) 고주파 방전 플라즈마는 Solenoid 코일 양단에 수 [μ]수[m]정도의 고주파를 인가하면 코일 내에 방위각 방향으로 고주파 전계가 유도된다. 전계가 내부의 기체를 절연파괴시킬 수 있을 정도로 충분히 강하면 플라즈마가 생성된다.
- 4) 펄스 방전 플라즈마는 기체에 상승속도가 매우 급격한 펄스전압을 순간적으로 인가하여 방전 플라즈마를 형성하는 방법이다. 고밀도의 에너지를 단 시간에 집중시킬 수가 있어 고온 플라즈마의 형성도 가능하다. 기체 반응에서 전자는 플라즈마를 생성하는 가장 주 에너지원이기 때문에 전자에 의한 반응이 전체 기체 반응에서 가장 큰 역할을 수행한다. 표면 반응에서는 전극과 충돌하는 이온들에 의한 이차전자 방출과 sputtering이 주로 반응하며, He이나 Ne의 여기종들과 같이 높은 에너지 준위를 갖는 입자들이 전극 표면에 충돌하면서 이차전자를 방출하는 반응이 부수적으로 존재한다. 다음 표 1은 불활성 기체를 사용하는 방전 셀 내의 주된 반응을 나타내었다^{[5][6]}.

2.2 전자에 의한 반응

전자는 플라즈마를 생성하는데 중요한 역할을 수행하는 입자로서 전자에 의한 주된 반응은 이온화와 여기 반응 재결합 반응을 들 수 있다. 같은 전압을 인가하여도 기체의 종류와 압력 등에 따라 전자의 에너지가 달라지고 반응 계수들도 달라진다. 전자가 에너지를 얻는 과정은 전계의 공급에 비례하고 전기전도도에 반비례한다. 플라즈마에서 전기 전도도는 식 (1)과 같이 주어지며, 충돌 주파수와는 반비례한 값을 갖는다^[7].

$$\sigma = \frac{e^2 n_e}{m v_m} [\Omega^{-1} cm^{-1}] \quad (1)$$

σ : 전기 전도도, e : 전하량, n_e : 전자 밀도, v_m : 충돌 주파수

여기서 충돌 주파수는 충돌 단면적에 비례하는 값을 갖기 때문에 충돌 단면적이 클수록 전자의 에너지는 작은 값을 갖게 된다. 전자와 원자가 충돌할 때 충돌 전후의 운동량과 운동 에너지가 보존이 된다면 이를 탄성충돌이라 부르고 충돌전의 에너지 일부가 원자내의 전자를 excitation 또는 ionization 시키는데 사용되어 운동량과 운동에너지 일부가 보존이 되지 못하면 비탄성 충돌이라 부른다.

탄성충돌은 원자량이 큰 원자일수록 큰 충돌 단면적을 갖는다. 탄성충돌 외에도 전자의 에너지를 결정하는 요인으로는 비탄성 충돌 과정에 의한 에너지 손실을 들 수 있다. 전자가 기체 분자 또는 원자의 이온화나 여기 과정을 통해 에너지를 소비하게 되므로 전자의 에너지가 낮아지게 된다. 그림 1^[8]은 불활성 기체에서의 전자의 총 충돌 단면적을 나타내고 있다. 이는 탄성충돌과 비탄성 충돌의 합으로 원자량이 큰 Xe의 경우가 Ar에 비해 더 큰 충돌 단면적을 갖는다.

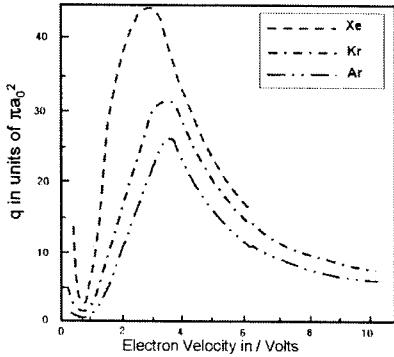


그림 1. 불활성 기체에서의 전자 충돌 단면적

3. 실험 방법

3.1 광원 제작

실험에 사용된 평판형 램프의 제작은 다음과 같이 제작하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 램프의 상판, 하판 모두 85[mm]×55[mm]×1.1[mm]의 크기를 가지는 soda-lime glass를 550[°C]의 온도로 annealing을 한 후 아세톤으로 깨끗이 세척하였다. 이는 annealing에 의한 glass 변형을 미리 발생시킴으로써, 열에 의한 glass의 변형이 전극이나 유전체의 도포된 상태에 영향을 미치지 않도록 하기 위함이다.

먼저 하판은 스크린 프린팅 방식으로 전극을 도포 시킨 후 다시 annealing 시키고, 전극에 bubble이 생성되지 않은 것들만 골라 유전체를 도포 후 마지막으로 annealing을 하였다. 사용된 전극은 비저항이 낮고, glass와의 접착성이 우수하며, pinhole free한 silver paste를 사용하였다. 유전체는 BaTiO₃를 사용하였다. 유전체의 두께는 140[μm]로 전극을 충분히 덮을 수 있도록 도포하였다.

본 연구에서는 전극, 유전체 형광체 paste를 silk screen 프린팅 방식으로 증착하였다. 스크린 프린팅 장치는 반자동 스크린 프린터를 사용하였다. 본 실험에서는 플라즈마 방광 특성을 직접적으로 분석하기 위하여 램프의 상판에 형광체를 도포 하지 않고 플라즈마의 스펙트럼을 측정하였다. 그림 2는 평판형 램프의 제작된 전극이다. 전극은 삼각형 형태의 팁을 구성함으로써 전자방출을 용이하게 할

뿐만 아니라 플라즈마 균일도 면에서 향상된 특성을 보이도록 제작하였다.

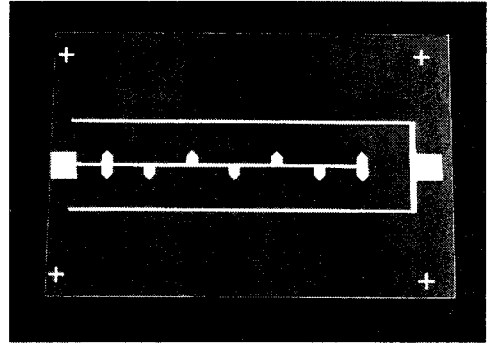


그림 2. 평판형 광원의 전극 제작

3.2 실험 장치

본 실험은 평판형 광원의 플라즈마 원은 플라즈마의 광학적 특성을 알아보기 위한 입력 주파수에 따른 스펙트럼을 측정 하였다. 램프의 입력 전압을 700[V]로 유지시키고, 제논가스의 압력을 300[Torr]로 압력 또한 유지시켰다. 전압공급원에서 입력 주파수를 변화하며, 플라즈마의 스펙트럼 특성을 측정하였다. 실험 장치로는 그림 3과 같이 진공 챔버 내에 제작된 평판형 광원의 전극을 삽입하고, AC Power Supply(PDS4000)를 이용하여 주파수를 변화 하며 방전을 일으켰다. 방전현상을 측정하기 위하여 DARSA-2000을 통해 스펙트럼을 측정 하였다.

챔버 내의 기압은 터보펌프를 이용하여 10⁻⁶Torr까지 진공 배기 시킨 후 제논 가스를 주입하였다.

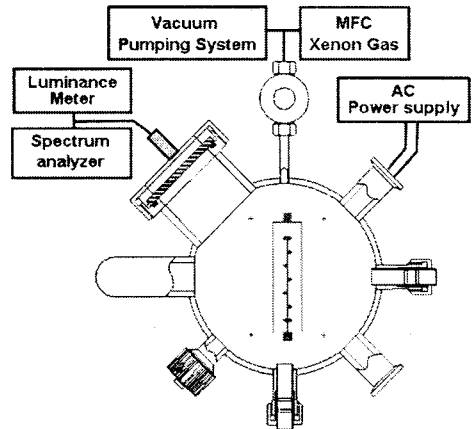


그림 3 실험 장치의 구조도

4. 결과 및 검토

그림 4는 500[V]에서 주파수별 Intensity를 나타낸 것이다. 플라즈마의 주 스펙트럼은 450[nm], 630[nm], 750[nm]로 나타났으며, 이중 750[nm]의 스펙트럼이 가장 크게 나타났다. 이는 제논 플라즈마의 색온도는 붉은색에 가까운 것을 의미한다. 또 구동전압 500[V] 주파수 55[kHz]에서 812[a.u.]으로 Intensity가 가장 크게 측정 되었다. 주파수가 60[kHz]보다 55[kHz]에서 더 큰 Intensity가 측정된 것은 식 (1)에서 보는 바와 같이 주파수가 높아지면 전기 전도도가 낮아져 전극에서 발생하는 전계의 감소로 자유전자의 이동이 짧아짐으로 상대적 Intensity가 낮게 나타나는 현상을 볼 수 있다. 그러나 55[kHz] 이하의 주파수에서는 주파수가 상승 할수록 전자에게 주어지는 에너지가 증가함으로 Intensity가 증가하는 것으로 사료 된다. 따

라서 평판형 광원에서의 주파수의 최고의 적정점이 있다는 것을 알 수 있다.

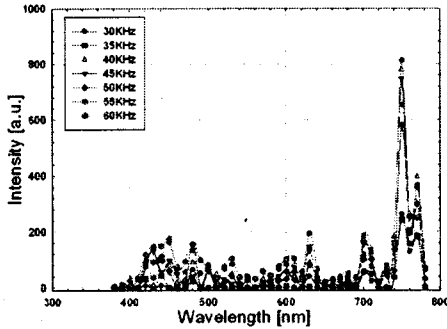


그림 4 500[V]에서의 주파수에 따른 스펙트럼

그림 5는 600[V]내에서 주파수에 따른 스펙트럼을 측정 한 것이다. 500[V]에서 측정 한 바와 같이 주 스펙트럼은 450[nm], 630[nm], 750[nm]로 측정 되었다. 최고 Intensity는 주파수 40[㎐]에서 1695[a.u.]으로 측정되었다.

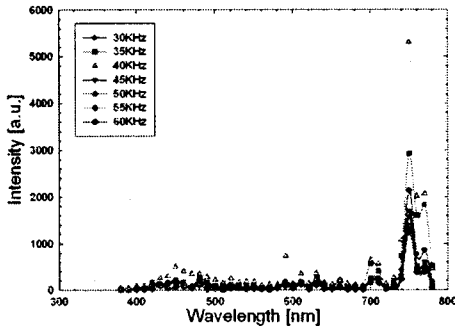


그림 5. 600[V]에서의 주파수에 따른 스펙트럼

그림 6은 700[V]에서 주파수에 따른 스펙트럼 측정을 나타낸 것이다. 결과에서 보는 바와 같이 램프의 구동 전압이 증가할수록 낮은 주파수에서 Intensity가 높게 나타나는 이유는 높은 전압을 인가했을 경우 이온화가 더욱 활성화가 됨으로 상대적으로 35[㎐]에서 최대 Intensity를 나타내었으며, 주파수 증가함에 따라 Intensity가 감소함을 알 수 있었다. 본 실험에서 최대 Intensity 측정은 구동전압 700[V] 주파수 35[㎐]에서 3143[a.u.]으로 가장 크게 측정 되었다.

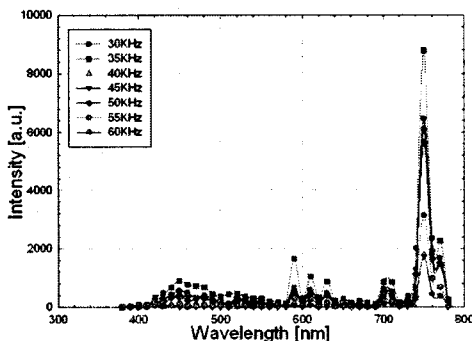


그림 6. 700[V]에서의 주파수에 따른 스펙트럼

5. 결 론

본 실험의 목적은 평판형 광원의 주파수 의존성을 알

아보았다. 평판형 광원에서 플라즈마 방전은 전극에 인가되는 전압 및 가스 압력 특성과 주파수에 따른 스펙트럼 특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 평판형 광원에서 플라즈마의 주 스펙트럼은 450[nm], 630[nm], 750[nm]로 나타났으며, 이중 750[nm]의 스펙트럼이 가장 크게 나타났다. 이는 제는 플라즈마의 색온도는 붉은색에 가깝고, 고정 주파수에서 Intensity가 높게 측정된 것은 주파수 증가로 인해 전자 에너지가 증가하여 이온화가 더 많이 발생됨으로써 여기 된 전자의 밀도가 상대적으로 낮아졌다. 그러므로 여기 된 전자로부터 방출되는 자외선이 감소하여 Intensity가 낮게 나타난 것으로 사료된다.
- 2) 램프의 구동 전압이 증가할수록 낮은 주파수에서 Intensity가 높게 나타나는 이유는 높은 전압을 인가했을 경우 이온화가 더욱 활성화가 됨으로 상대적으로 낮은 주파수에서 Intensity가 높게 나타내었으며, 주파수 증가함에 따라 Intensity가 감소한다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력 연구센터 육성, 지원사업(I-2004-0-074-0-00)에 의하여 작성되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박해일 외, "대형 액정 디스플레이(LCD TV의 백라이트 광원 개발 동향" 한국 정보디스플레이학회 지 제 5권 제 5호, 13-18. 2004
- [2] 박성목 외, "국내의 광원분야의 신기술 동향" 조명, 전기설비학회지 제 18권 제 1호, 4-9. 2000
- [3] M. S. Lim et al., "Characteristics of a simple structured flat fluorescent Lamp with high Luminance for LCD Backlighting" ICEE. 99, 342-346. 1999
- [4] 엄정덕 외 "PDP의 방전기술을 이용한 평면광원 기술 개발 현황" 조명, 전기학회지, 제 18권, 제 1호, 34-38. 2003
- [5] Essam Nasser, "Fundamentals of Gaseous Ionization and Plasma Electronics," John Wiley & Sons, Inc., New York, 1971
- [6] H. V. Boenig, "Fundamentals of Plasma Chemistry and Technology," Technologic Publishing Company, Pennsylvania, 1988
- [7] Yuri. P. Raizer, "Gas Discharge Physics." Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991
- [8] Brain Chapman, "Glow Discharge Processes," John Wiley & Sons. Inc., 1980