

직관형 형광램프의 중단방전과 횡단방전의 특성

정재윤, 김정현, 정종문, 김동준, 김현철, 봉재환, 황하청, 마이클 리, 구제환, 조광섭*

광운대학교 전자물리학과, 서울 139-701

(2008년 3월 18일 받음, 2008년 6월 4일 수정, 2008년 6월 16일 확정)

유리관의 관경이 4 mm인 형광램프에서 중단방전과 횡단방전의 방전 특성, 발광 특성, 그리고 분광 특성을 상호 비교 분석하였다. 제작된 형광램프의 주입 기체는 3 종류이며, 수은 혼합 기체인 Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg), 무수은의 순수 Xe 100% 및 Ne(96%)+Xe(4%)의 혼합 기체이다. 각 형광램프 샘플들의 기체 압력은 8 종류로 압력 범위는 5~300 Torr이다. 상기 램프의 특성을 조사하기 위하여 제작된 샘플 램프의 전체 수는 주입 기체 3 가지와 각 압력 8 가지로서 총 24 개이다. 수은 형광램프는 양광주 발광을 특징으로 하는 중단방전에서 발광 휘도 및 효율이 매우 높고, 횡단방전에서는 거의 발광하지 않는다. 무수은 제는 형광램프는 횡단방전에서 비교적 높은 휘도 특성을 보이며, 중단 방전에서는 방전 전압이 높고 발광 효율도 매우 낮다. 제는 형광램프의 횡단방전은 Ne+Xe(4%)인 혼합 가스보다 압력(~수 100 Torr)이 높은 순수 제는 가스의 발광 효율이 더 높다. 본 실험을 통하여 수은 램프와 무수은 제는 램프의 방전 방식의 차이를 확인하였다. 수은 형광램프는 양광주를 활용하는 중단방전의 형태로서 종래의 튜브형이 바람직하다. 무수은의 제는 형광램프는 높은 압력(~수 100 Torr)의 순수 제는 기체에 대하여 방전 경로가 짧은 횡단방전을 특징으로 하는 평판형이 바람직하다.

주제어 : 수은 형광램프, 무수은 형광램프, 제는 방전, 중단방전, 횡단방전

I. 서 론

대면적 LCD-TV의 백라이트에서는 수은 방전의 외경이 2~4 mm인 직관형의 냉음극 형광램프(CCFL : Cold Cathode Fluorescent Lamp)와 외부전극 형광램프(EEFL : External Electrode Fluorescent Lamp)가 사용되고 있다[1-5]. 수은 형광램프는 가속된 전자가 수은을 여기시켜 발생하는 254 nm의 자외선이 주로 형광체를 여기하여 발광한다.

최근에 무수은의 평면 형광램프(FFL:Flat Fluorescent Lamp)가 연구되고 있다[6-7]. 무수은의 평면 형광램프는 주로 Xe 및 Xe-혼합 기체를 사용한다. Xe으로부터 147 nm와 Xe²⁺으로부터 173 nm의 자외선이 주로 형광체를 여기하여 가시광선을 방출한다. 평면 형광램프는 두 가지 형태의 방전 방식이 있다. 방전 경로가 긴 방전과 방전 경로가 짧은 방전이다. 방전 경로가 긴 방전은 양광주 영역이 긴 형태로서, 직관형의 냉음극 형광램프와 외부전극 형광램프가 이러한 방전 방식이다. 방전 경로가 긴 방전을 이용한 예로는 뱀형(Serpentine)의 방전 경로를 갖는 평면 형광램프와 다중 격벽 배열형(Multi-barriers Arrayed) 평판 형광램프 등이 있다. 또 다른 형태의 평판 방전램프는

방전경로가 짧은 방전이다. 짧은 방전 경로를 갖는 평판 형광램프에서 전극은 일반적으로 유리 기관의 윗면과 아랫면에 형성한다. PDP(Plasma Display Panel)는 평면 형광램프와 유사한 전극의 형태로서 방전 경로가 짧은 경우이다.

본 연구에서는 두 가지 방식의 방전 형태를 비교 분석한다. 튜브형 형광램프에서 방전 방식을 중단 방전과 횡단 방전의 형태로 전극을 설치하고, 각각에 대하여 수은 램프의 일반적인 혼합 기체인 Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg), 무수은의 제는 혼합 기체 Ne+Xe(4%) 및 순수 Xe(100%)의 외부전극형 램프를 제작하였다. 본 연구는 수은 형광램프와 제는 형광램프의 전극 형태에 따른 방전 특성, 발광 특성, 그리고 분광 특성을 조사한다. 이로부터 수은 형광램프와 무수은 제는 형광램프의 차이와 튜브형 형광램프와 평판형 형광램프의 차이를 이해한다.

II. 실험

Figure. 1은 직관형 외부전극 형광램프를 이용한 중단방전과 횡단방전의 실험 개략도이다. Fig. 1(a)은 직관형 중

* [전자우편] gscho@kw.ac.kr

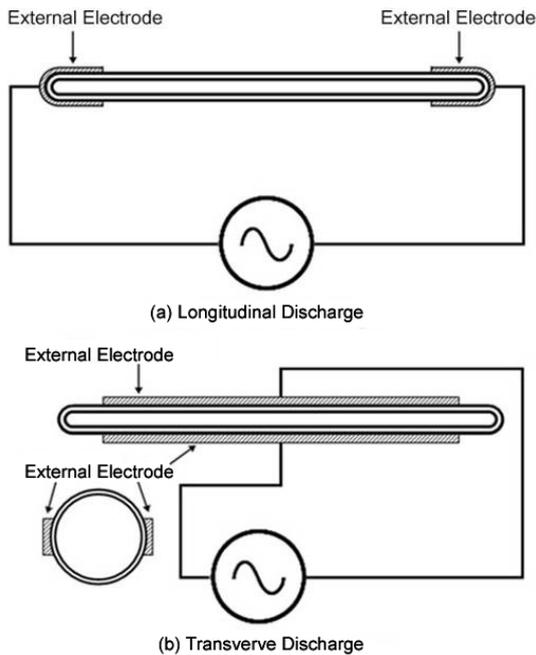


Figure 1. Longitudinal discharge in (a) and transverse discharge in (b).

단방전(longitudinal discharge)이다. 형광 램프의 양광주를 이용하는 냉음극 형광램프(CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp)와 외부전극 형광램프(EEFL: External Electrode Fluorescent Lamp)의 방전과 동일한 형태이다. 외부 전극은 Silver Paste를 양단에 20 mm 길이로 형성한다.

Fig. 1(b)는 횡단방전(transverse discharge)으로 평판 램프의 대향 방전 방식과 동일한 전극형태이다. 외부전극은 Silver Paste를 이용하여 유리면의 길이 방향으로 폭 2 mm의 띠 형태로 대향되도록 한 쌍의 띠 전극(tape electrode)을 형성한다.

외부전극 형광램프의 유리관은 보로실리케이트이며, 관의 길이는 150 mm이고, 외관의 직경은 4 mm, 내관 직경은 3 mm 이다. 실험에 사용된 방전램프의 시료는 세 종류의 가스를 사용하여 제작한다. Ne(95%)+Ar(5%)+Hg, Ne(96%)+Xe(4%)의 혼합 가스, 그리고 순수 Xe가스이다. 가스 압력은 5~300 Torr이고, RGB(Red, Green, Blue) 형광체 각각을 적당량 혼합하여 고분자 바인더 수지와 혼합하여 유리관 내부에 도포하였다.

램프 구동용 인버터는 자력식 Push-Full 방식의 스위칭으로서 DC-AC 인버터이다[8-9]. 구동 주파수는 대개 60 ~ 70 kHz 이다. 입력 전력은 SMPS(Switch Mode Power Supply)를 사용하며, 인버터에 필요한 입력 DC 전압을 가

변할 수 있다. 실험에 사용된 인버터의 입력 전력은 30 W 이하로 제한한다. 가변의 입력 DC 전압을 조정하여 램프 전류와 램프 전압, 램프의 입력 전력, 그리고 휘도를 측정한다.

외부전극 방전관의 주입 기체에 따른 방전 기체의 분광을 분석하기 위하여, 형광체를 도포하지 않은 bare glass 상태의 방전관의 시료를 별도로 제작하였다. 분광 분석용 램프 시료의 주입 가스의 압력은 Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg) 수은램프가 60 Torr이고, Ne+Xe(4%) 램프와 순수 Xe 램프는 각각 150 Torr이다. 분광 분석 장치는 HR 4000을 사용하였다. Figures 2~6은 실험 결과이다. 각각의 그림에서, (i)는 방전관의 전류 및 전압(I-V) 특성 곡선이고, (ii)는 입력 전력에 대한 휘도이며, 그리고 (iii)는 분광 스펙트럼이다.

III. 결과 및 고찰

3.1 수은 램프 (Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg))

Figure. 2는 혼합 기체 Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg)인 수은 램프의 중단 방전(Fig. 1(a)) 실험 결과이다. Fig. 2(i)는 수은 형광램프의 중단 방전에 대한 전류 및 전압 (I-V Curve) 특성이다. Fig. 2(ii)는 중단 방전의 램프에 인가하는 입력 전력에 대한 램프 휘도이다. Fig. 2(iii)는 유리관 내벽에 형광체를 도포하지 않은 별도로 제작된 램프의 중단 방전의 양광주 영역에서 얻어진 분광 데이터이다.

Fig. 2(i)에서 램프 내부의 혼합 기체(Ne 95%+Ar 5%)

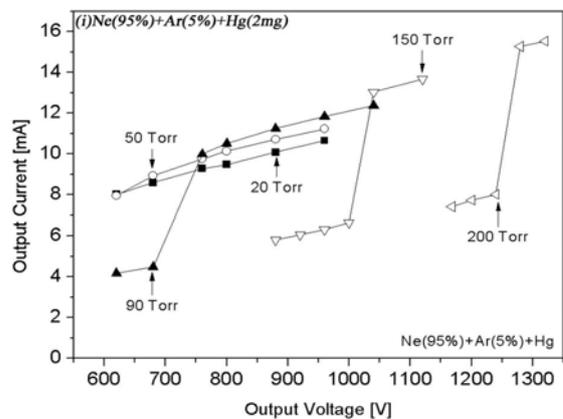


Figure 2(i). Lamp current and voltage (I-V) for the longitudinal discharge of EEFLs with the mixture gas of Ne (95%) + Ar(5%) + Hg(2 mg).

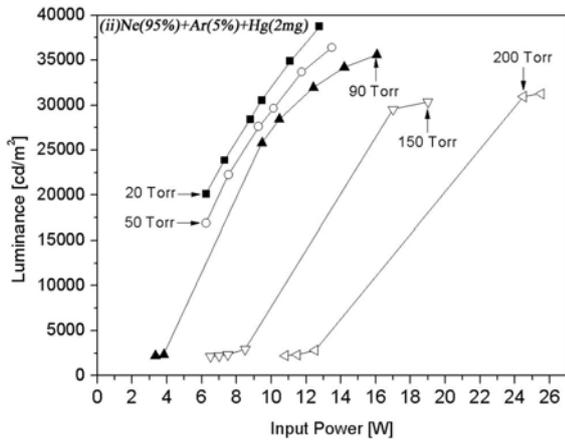


Figure 2(ii). Luminance versus input power in the longitudinal discharge of EEFLs with the mixture gas of Ne (95%) + Ar (5%) + Hg(2 mg).

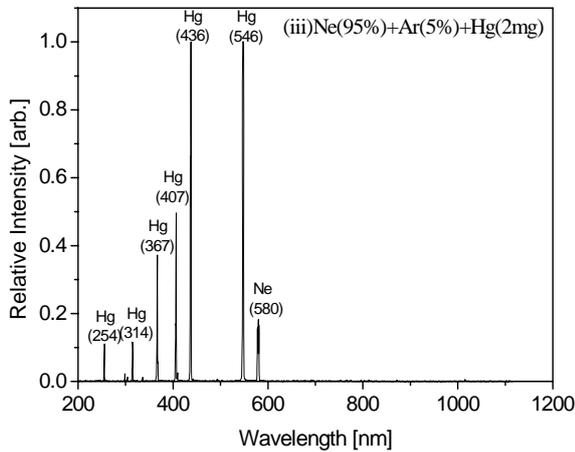


Figure 2(iii). The spectral lines of positive column in the longitudinal discharge of bare glass tube (without phosphor coating) containing the gas of Ne (95%) + Ar (5%) + Hg(2 mg) with pressure 60 Torr.

압력은 20~200 Torr이다. 전류 및 전압의 특성은 전형적인 타운젠트 글로우 방전(Townsend glow discharge)의 형태이다. 저 전류의 암전류(dark current)와 타운젠트 break down을 거쳐서, 정상 글로우(normal glow) 방전의 일반적인 특성을 보여준다. Fig. 2(i)와 2(ii)에서, 램프의 압력이 클수록 타운젠트 breakdown 전압이 증가한다. 입력 전력의 범위 내에서 최고 휘도는 대개 30,000 cd/m²에 도달한다. 램프의 혼합가스의 압력이 낮을수록 발광 효율이 높다. Fig. 2(iii)은 형광체를 도포하지 않은 유리관으로 제작한 램프의 양광주 영역에 대한 분광이다. 형광체의 주요 흡수 파장인 436 nm와 546 nm의 강도가 가장 크다. 수

은 방전의 436 nm과 546 nm의 강도가 강할수록 램프의 높은 효율 및 휘도를 기대할 수 있다. Figure 2(iii)의 분광선은 수은램프의 종단방식 방전에서 수은 분광선인 436 nm와 546 nm 이 측정되었다. 이는 수은 램프방전에서 종단방식이 높은 효율을 나타낼 것으로 기대된다. 수은 램프의 종단 방전에서 양광주의 분광선은 수은 방전 분광이 강하고 아르곤의 분광은 거의 나타나지 않는다. 분광선 436 nm는 수은원자의 3s(7.7 eV)에서 3p(4.9 eV)로 전이에서 방출된다. 분광선 254 nm의 수은의 3p(4.9 eV)에서 1s(0 eV)로의 전이에서 방사된다[10]. 수은 분광선 546 nm는 수은 방전의 전형적인 파란색의 가시광선이다. 가시적으로 양광주 발광에서는 수은의 가시광인 푸른 빛(blue light)을 육안으로 관찰할 수 있다. 위의 수은 분광선 이외에 양광주 영역에서 580 nm의 Ne 분광선도 관찰된다.

Figure. 3은 혼합 기체 Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg)의 횡단 방전(Fig. 1(b)의 실험)의 결과이다. Fig. 3(i)의 I-V Curve는 타운젠트 breakdown이 명확하게 나타나지 않는다. 이는 전극의 면적이 넓고, 전극 간의 간격이 짧은 횡단 방전의 일반적인 형태이다. 형광램프의 압력 5~300 Torr 영역에서, 낮은 압력인 5 Torr와 10 Torr의 램프는 입력 전압을 높여도 방전이 되지 않는다. 따라서 Fig. 3(i)에 낮은 압력의 데이터는 표기되지 않았다. 50 Torr 이상의 압력에 대한 점화 전압은 다음과 같다. 압력 50 Torr 램프의 방전 전압은 129 V, 100 Torr 램프는 164 V, 200 Torr 램프는 148 V, 250 Torr 램프는 168 V, 그리고 300 Torr 램프는 174 V 이다. 봉입 가스의 압력이 증가할수록 타운젠트 점

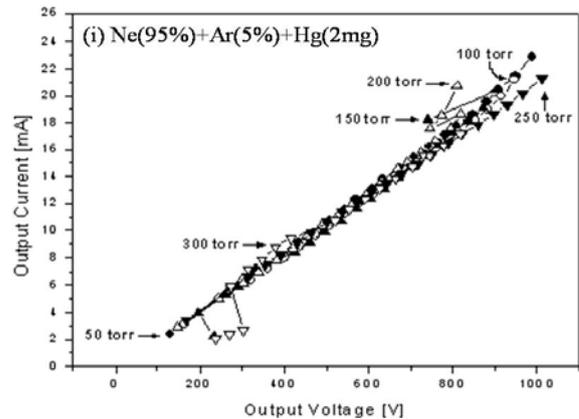


Figure 3(i). Current-voltage curves for the transverse discharge with the mixture gas of Ne(95%) + Ar(5%) + Hg(2 mg) containing the pressure range of 5~300 Torr.

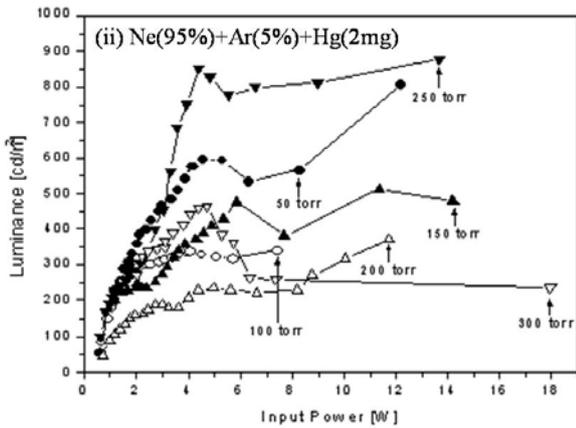


Figure 3(ii). Luminance versus input power in the transverse discharge of EEFLs with the mixture gas of Ne (95%) + Ar (5%) + Hg(2 mg) for the tube samples of a pressure range 5~300 Torr.

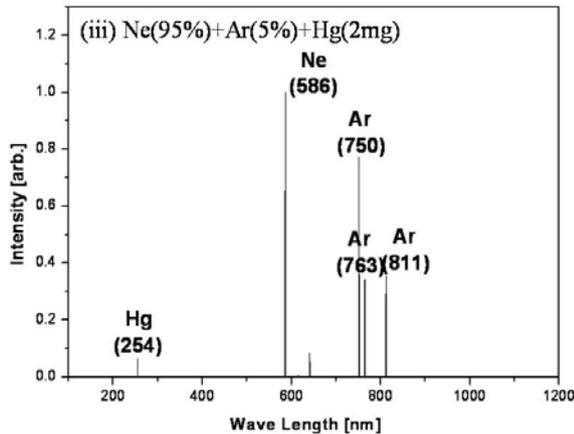


Figure 3(iii). The spectral lines of the transverse discharge of bare glass tube (without phosphor coating) containing the gas of Ne (95%) + Ar (5%) + Hg(2 mg) with pressure 60 Torr.

화 전압이 증가한다. 다만, 압력이 200 Torr 에서는 방전 전압이 100 Torr의 방전 전압보다 약간 낮게 측정되었다. 수은 형광램프의 횡단 방전 실험의 휘도는 Fig. 3(ii)와 같이, 구동 전압이 충분히 높고 입력 전력도 10 W 이상으로 크지만, 램프의 발광 휘도는 $1,000 \text{ cd/m}^2$ 이하로 낮다.

Fig. 3(iii)에서 수은 방전의 분광선 254 nm의 강도는 매우 약하다. 그리고 중단 방전에서 관찰되었던 436 nm와 546 nm는 Fig. 3(iii)의 횡단 방전에서는 관찰되지 않았다. 특히 586 nm는 Ne 방전의 $2p1(19 \text{ eV})$ 에서 $1s2(17 \text{ eV})$ 로의 천이로서 그 강도가 매우 높다[10]. 이로부터 수은을 함유하는 Ne+Ar 혼합가스의 횡단 방전은 수은이나 아르곤의 방전보다는 주로 Ne의 방전이 지배적임을 알 수 있다.

3.2 Ne+Xe(4%)의 제논 방전

Figure 4는 Ne+Xe(4%) 혼합 기체의 압력 5 Torr 에서 300 Torr의 램프에 대한 중단 방전의 실험 결과이다. Fig. 4(i)은 I-V Curve, Fig. 4(ii)는 입력 전력에 대한 휘도 변화, 그리고 Fig. 4(iii)는 무형광체 램프의 양광주 영역의 분광이다. 전류 및 전압의 특성은 앞의 3.1절의 수은 혼합기체의 중단 방전과 특성과 유사하다. 저 전류의 암전류와 타운젠트, 그리고 정상 글로우 방전이 분명하게 나타난다[9].

Fig. 4(i)와 4(ii)에서, 램프의 압력이 클수록 타운젠트 전압이 증가한다. 입력 전력의 범위 내에서 최고 휘도는 $1,400 \text{ cd/m}^2$ 이며, 발광 휘도와 효율이 비교적 낮고, 뚜렷한 휘도 특성이 나타나지 않는다.

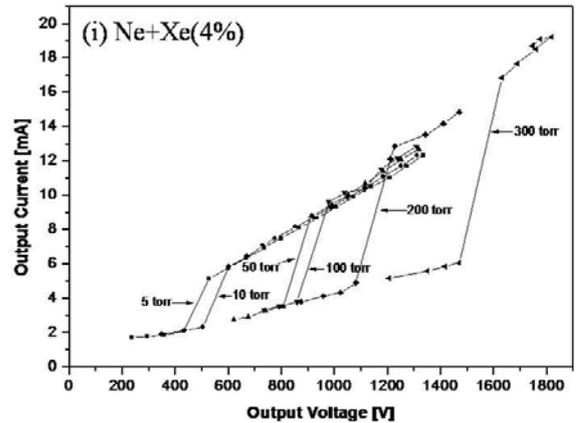


Figure 4(i). Current-voltage curves for the longitudinal discharge with the mixture gas of Ne+Xe(4%) containing the pressure range of 5~300 Torr.

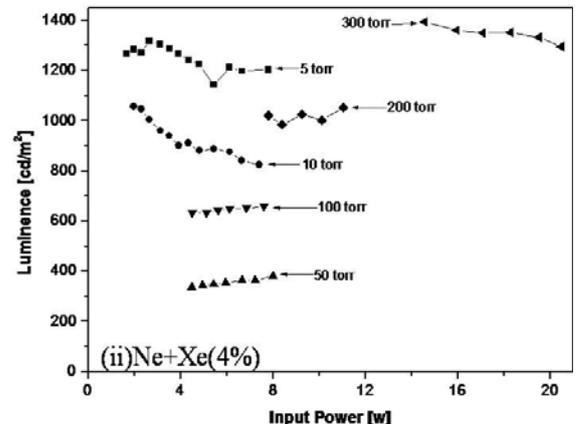


Figure 4(ii). Luminance versus input power in the longitudinal discharge of EEFLs with the mixture gas of Ne+Xe(4%) for the tube samples of a pressure range 5~300 Torr.

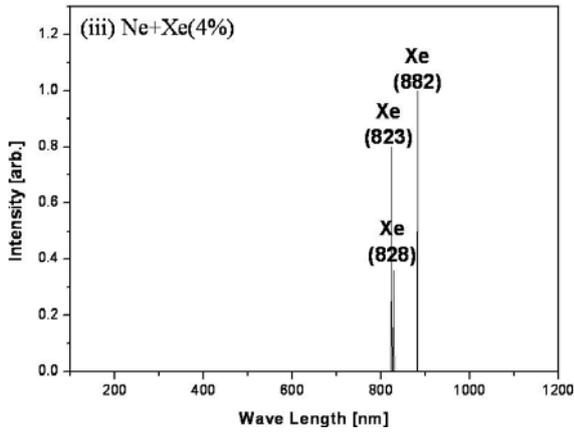


Figure 4(iii). The spectral lines of the longitudinal discharge of bare glass tube (without phosphor coating) containing the gas of Ne+Xe(4%) with pressure 150 Torr.

Fig. 4(iii)은 형광체를 도포하지 않은 유리관으로 제작한 램프의 양광주 방전에 대한 분광이다. Ne + Xe(4%) 램프에서 종단 방전은 Xe의 분광선만 나타나며, Ne 방전에 대한 분광은 계측되지 않는다. 이는 혼합기체 Ne+Xe(4%)의 램프는 종단 방전에서 Ne의 발광은 거의 일어나지 않으며, Xe 발광이 지배적이다.

Figure 5는 혼합기체 Ne+Xe(4%) 램프의 압력에 따른(5~300 Torr) 횡단 방전의 실험 결과이다. Fig. 5(i)는 혼합기체 Ne+Xe(4%)의 무수는 램프를 횡단 방전에 대한 I-V Curve이다. 램프의 혼합 기체 압력은 5~300 Torr이다. Fig. 5(ii)는 횡단 방전의 입력 전력에 대한 휘도이다. Fig. 5(iii)은 횡단 방전의 양광주 영역에서 방출되는 분광이다. Ne+Xe(4%) 램프의 횡단 방전에서 전류 및 전압 특성은 수은 혼합 기체의 횡단 방전과 마찬가지로 암전류와 타운젠트 breakdown이 명확하게 나타나지 않는다. 그러나 측정 데이터로부터 압력별 점화 전압을 확인 할 수 있다. 압력 5 Torr 램프의 방전전압은 150 V, 300 Torr 램프의 방전 전압은 158 V이다. 10 Torr 램프는 270 V, 200 Torr 램프의 방전전압은 250 V 이다. 봉입 가스의 압력이 증가 할수록 방전 전압이 증가한다. Fig. 5(ii)에서, 램프의 발광 휘도는 구동전압과 입력전력을 충분히 인가하여도 램프의 휘도가 1,500 cd/m²이하이다. 200~300 Torr의 램프 휘도는 ~1,000 cd/m²에 도달하며, 5~100 Torr의 램프 휘도는 600 cd/m² 이하이다.

Fig. 5(iii)은 혼합 기체 Ne+Xe(4%) 램프의 횡단 방전의 분광이다. Ne 방전을 통한 586 nm 의 Intensity가 매우 강

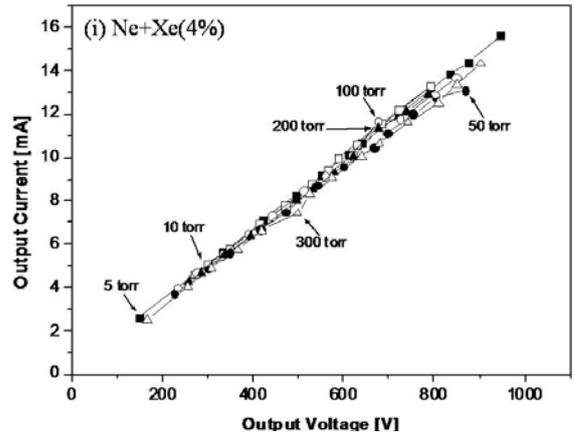


Figure 5(i). Current-voltage curves for the transverse discharge with the mixture gas of Ne+Xe(4%) containing the pressure range of 5~300 Torr.

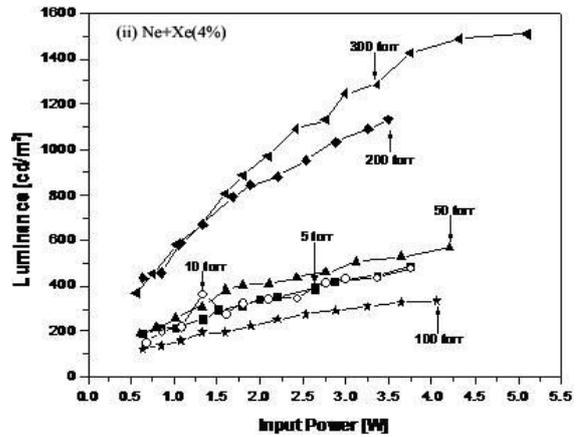


Figure 5(ii). Current-voltage curves for the transverse discharge with the mixture gas of Ne+Xe(4%) containing the pressure range of 5~300 Torr.

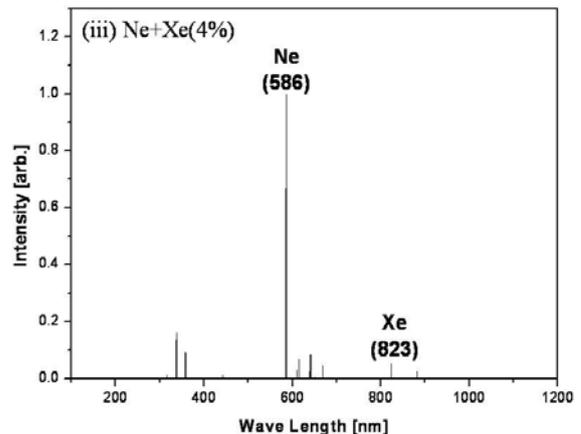


Figure 5(iii). The spectral lines of the transverse discharge of bare glass tube (without phosphor coating) containing the gas of Ne+Xe(4%) with pressure 150 Torr.

하며 Xe 방전의 823 nm 은 Intensity가 매우 약하다. 이는 Fig. 3(iii)의 Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg) 램프의 횡단 방전과 마찬가지로 586 nm의 Ne 방전이 주를 이룬다.

3.3 순수 Xe의 횡단 방전

Figure 6은 순수 Xe 램프의 대향 방전 특성을 나타낸다. Xe 램프를 Fig. 1(a)와 같이 직관형 양단 방식으로 구동하면 램프에 30 W의 입력전력을 인가하여도 방전이 일어나지 않는다. 그러나 Fig. 1(b)와 같은 횡단 방전의 전류 및 전압 특성인 Fig. 6(i)와 휘도 특성 곡선 6(ii)에서 전형적인 타운젠트 글로우 방전의 형태를 보여준다. 또한 암전류와 타운젠트 breakdown을 거쳐 정상 글로우 방전의 일반적인 특성도 보여준다. Fig. 6(i)와 6(ii)에서, 램프의 압력이 클수록 타운젠트 breakdown 전압이 증가한다. 입력 전력에 따른 휘도 변화에서 최고 휘도는 7,000 cd/m²에 이른다. 램프 내 봉입가스로 순수 제논 가스는 압력이 높을수록 발광 효율이 높다. 반면, 300 Torr에서는 타운젠트 breakdown을 관찰할 수 없다.

Fig. 6(iii)은 분광 분석을 위해 형광체를 도포하지 않은 램프를 제작하여 분광분석 한 결과이다. Fig. 6(i)에서 램프 내부의 혼합 기체 압력은 5~300 Torr이다. Xe 램프의 가스압이 5 Torr와 10 Torr 일때의 방전 전압은 200 V 이하이다. 50 Torr 램프의 방전 전압은 276 V이고, 100 Torr의 램프의 방전 전압은 517 V, 그리고 150 Torr 램프는 방전전압이 613 V이다. 200 Torr 램프는 717 V이며, 250 Torr 램프는 방전 전압이 815 V이다. 가스압이 증가할수록 방전 전압 또한 상승한다. 300 Torr 램프는 실험에 사용된 인버터의 한계 입력 전압에서도 방전되지 않는다. Fig. 6(ii)는 Xe 램프의 휘도 특성을 나타낸 것이다. 가스압에 따라서 램프의 휘도는 많은 차이를 보인다. 압력 5 Torr와 10 Torr 램프의 휘도는 1,000 cd/m² 이하이다. 50 Torr 램프는 약 1,500 cd/m²이고, 100 Torr 램프는 3,500 cd/m²이다. 150 Torr 램프는 5,000 cd/m²이며, 200 Torr 램프에서는 6,500 cd/m², 그리고 250 Torr 램프는 6,000 cd/m²의 휘도를 나타낸다. 가스압이 200 Torr까지 증가함에 따라 휘도가 증가하는 특성을 보이지만, 250 Torr에

Figure 6(i)은 순수 Xe 램프의 대향 방전 특성을 나타낸다. Xe 램프를 Fig. 1(a)와 같이 직관형 양단 방식으로 구동하면 램프에 30 W의 입력전력을 인가하여도 방전이 일어나지 않는다. 그러나 Fig. 1(b)와 같은 횡단 방전의 전류 및 전압 특성인 Fig. 6(i)와 휘도 특성 곡선 6(ii)에서 전형적인 타운젠트 글로우 방전의 형태를 보여준다. 또한 암전류와 타운젠트 breakdown을 거쳐 정상 글로우 방전의 일반적인 특성도 보여준다. Fig. 6(i)와 6(ii)에서, 램프의 압력이 클수록 타운젠트 breakdown 전압이 증가한다. 입력 전력에 따른 휘도 변화에서 최고 휘도는 7,000 cd/m²에 이른다. 램프 내 봉입가스로 순수 제논 가스는 압력이 높을수록 발광 효율이 높다. 반면, 300 Torr에서는 타운젠트 breakdown을 관찰할 수 없다.

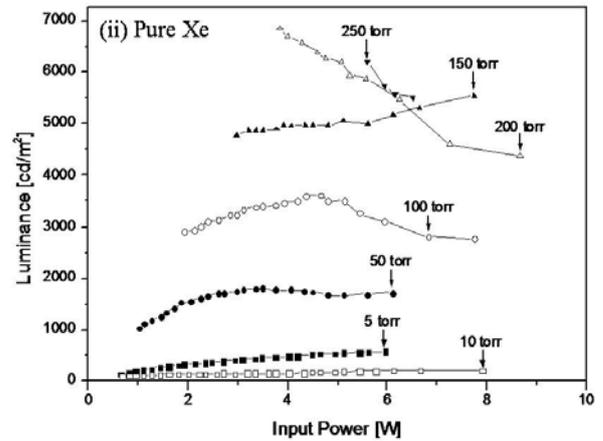


Figure 6(ii). Luminance versus input power in the transverse discharge of EELs with the pure gas of Xe(100%) for the tube samples of a pressure range 5~300 Torr.

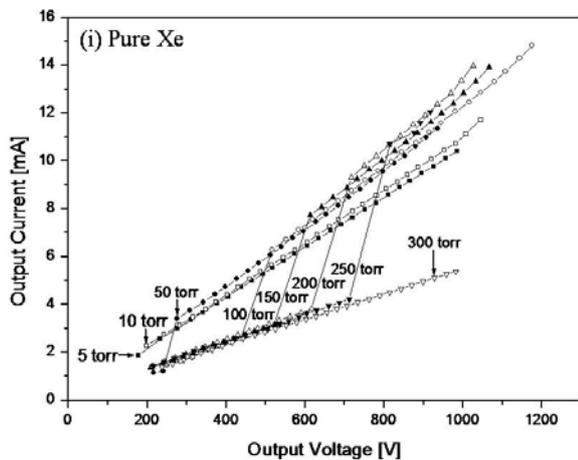


Figure 6(i). Current-voltage curves for the transverse discharge with the pure gas of Xe(100%) containing the pressure range of 5~300 Torr.

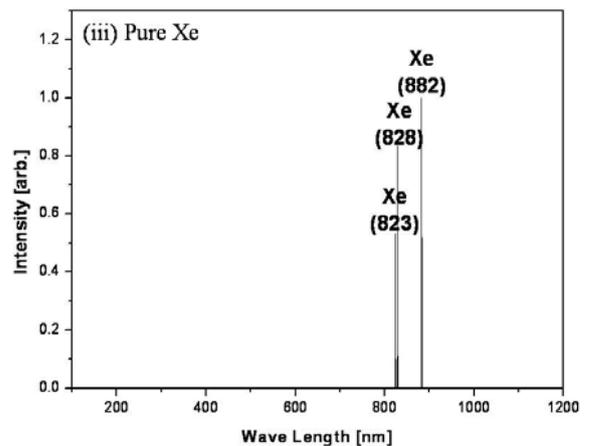


Figure 6(iii). The spectral lines of the transverse discharge of bare glass tube (without phosphor coating) containing the gas of Xe(100%) with pressure 150 Torr.

서는 휘도가 다소 감소한다. 이는 최적의 가스압력이 200 Torr 정도이라는 뜻이다. 이러한 가스압의 최적치는 전자와 Xe원자와의 충돌에 의한 플라즈마 발생과 Xe방전에서 자외선 발생 효율과 관련된다.

Fig. 6(iii)은 Xe 램프의 방전에서 전이되는 분광선들이다. Xe 기체의 방전에 의해 방사되는 823 nm, 828 nm, 그리고 882 nm 파장이 관찰된다. 실험에 사용된 분광 분석기는 200 nm 이하 진공자외선은 관찰이 불가능하므로 173 nm와 147 nm 파장과 관련된 823 nm와 828 nm 파장을 각각 측정하였다.

Infrared 의 823 nm은 2p5(9.9 eV)에서 1s4(8.4 eV)로 전이되며, 전형적인 UV의 147 nm 분광선은 바닥 레벨(0 eV)로 전이된다[12].

823 nm 의 Infrared는 Xe2*으로부터 173 nm 의 UV 방사에 의하여 2p6(9.8 eV)에서 1s5(8.3 eV)로 전이된다[13]. 순수 제논 램프는 횡단 방전에서 Xe 방전이 주를 이루며, 200 Torr의 압력에서 휘도와 효율이 좋다.

Table 1은 위의 실험의 수은 램프와 Xe 램프의 직관형 종단방전 및 횡단방전의 결과를 요약한 것이다. Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg)의 수은램프는 직관형 종단방전에서 타운젠트 Breakdown이 명확하게 나타난다. 반면, 횡단방전인 경우 명확한 타운젠트 Breakdown을 확인 할 수 없다. 수은 램프의 입력전력에 따른 휘도는 직관형 종단방전과 횡단방전 모두 가스압력의 증가에 따라 휘도도 증가한다. 분광분석을 통한 종단방전은 수은방전(436 nm, 546 nm)이 주가 되고, 횡단방전인 경우는 Ne(586 nm)방전이 주가 된다.

무수은의 Xe-혼합 기체인 Ne+Xe(4%)램프는 종단방전에서 타운젠트 Breakdown이 명확하게 나타난다. Xe-혼합 기체의 횡단 방전은 수은 램프와 마찬가지로 명확한 타운젠트 Breakdown를 확인 할 수 없다. Ne+Xe(4%)의 종단 방전은 입력전력에 대한 휘도가 극히 낮다. 횡단방전은 혼합가스 압력이 클수록 휘도가 높다. 종단 방전에서의 분광은 Xe(882 nm, 823 nm, 828 nm) 방전이 주가 되고, 횡단 방전은 Ne(586 nm)방전이 주를 이룬다.

순수 Xe램프의 종단방전은 입력 전압의 범위 내에서 방전이 전혀 일어나지 않는다. 횡단방전은 타운젠트 breakdown이 명확하며, 가스압이 증가할 수록 방전 전압이 증가한다. 100 Torr 이상에서 휘도는 약 5,000 cd/m²이다. 순수 제논램프의 횡단방전은 Xe(882 nm) 분광이 주가 된다.

IV. 결 론

유리관의 길이 150 mm, 외경 4 mm 및 내경 3 mm인 직관형 램프를 사용하여 램프 길이 방향의 종단방전과 램프 길이를 가로지르는 횡단방전에서 전기적 및 광학적 특성을 조사하였다. 제작된 형광램프의 종단방전은 램프 양단의 외부에 형성된 종래의 외부전극 형광램프의 형태이다. 외부전극은 길이 20 mm의 실버(silver)를 도포하였다. 횡단방전은 램프의 길이 방향으로 폭 2 mm의 띠 형태로 대향되게 설치한 한 쌍의 실버 전극에 전압을 인가하였다. 종단방전과 횡단방전에 대하여 각각 수은과 무수은의 방전을

Table 1. Discharge properties in the longitudinal & transverse fluorescent lamps.

Gas Composition	Characteristics	Longitudinal Discharge	Transverse Discharge
Ne(95%)+Ar(5%) +Hg(2 mg)	I-V	Townsend breakdown appears	Not clear
	Ignition Voltage	Increasement with pressure	Increasement with pressure, low voltage
	Luminance	30,000 cd/m ² at low pressure of 10 Torr	Very low value below 1,000 cd/m ²
	Spectroscope	Hg-discharge is dominant	Ne-discharge is dominant
Ne+Xe(4%)	I-V	Townsend breakdown appears	Not clear
	Ignition V	Increasement with pressure	Not clear
	Luminance	~1,500 cd/m ² at 100~300 Torr	~1500 cd/m ² at 200~300 Torr
	Spectroscope	Xe-discharge is dominant	Ne-discharge is dominant
Xe(100%)	I-V	discharge cannot occur	Townsend breakdown appears
	Ignition V		Increasement with pressure
	Luminance		~5,000 cd/m ² for high P~100 Torr
	Spectroscope		Xe-discharge is dominant

조사하였다. 주입된 방전 기체는 3 종류로서, Ne(95%) + Ar(5%)+Hg(2 mg)의 수은 램프, Ne(96%)+Xe(4%) 및 순수 Xe(100%)의 무수은 램프이다. 이들 형광램프의 기체 압력의 범위는 5~300 Torr인 8 종류의 압력으로 램프를 제작하였다. 이들 형광램프에 대한 방전 실험을 통한 전류 및 전압 특성과 발광 특성을 조사하였다. 또한, 형광체를도포하지 않은 방전 램프를 제작하여 램프로부터 방출되는 분광선을 조사하였다.

수은 램프(Ne+Ar+Hg)는 중단방전의 압력 ~10 Torr에서 높은 휘도(~10,000 cd/m²)를 얻는다. 수은 램프의 횡단방전의 휘도는 ~1,000 cd/m² 이하로 낮으며, 수은 방전의 분광선 이외에 Ne 방전의 분광 특성을 보여준다.

무수은의 제논 혼합 기체(Ne+Xe)가 주입된 램프의 중단방전의 휘도는 ~1,000 cd/m²로 낮고, 횡단방전의 휘도(~100 cd/m²)는 더욱 낮다.

무수은의 순수 제논 기체(Xe 100%)가 주입된 램프의 중단방전은 방전이 불가능하며, 횡단방전은 압력이 ~100 Torr의 고압에서 비교적 높은 휘도 ~5,000 cd/m²를 얻는다.

본 실험을 통하여 LCD-백라이트의 광원인 종래의 직관형의 냉음극 형광램프와 외부전극 형광램프와 같은 수은 혼합 가스의 형광램프는 방전 경로가 긴 중단방전에서 휘도와 효율이 우수하다는 것을 확인하였다. 무수은의 제논 형광램프는 평관램프 형태에서 방전 경로가 짧은 횡단방전 및 고압(~100 Torr)의 순수 Xe 방전이 비교적 높은 휘도와 효율을 얻는다.

감사의 글

본 논문은 2008년 산업자원부가 지원하는 지역산업기술

개발사업(과제번호 10027377)의 일환으로 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] T. S. Cho, Y. M. Kim, S. J. Kim, G. S. Cho, *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L355 (2002).
- [2] T. S. Cho, H. S. Kim, E. H. Choi, *IEEE* **5**, 2005 (2002).
- [3] G. S. Cho, N. O. Kwon, Y. M. Kim, S. J. Kim, B. S. Kim, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **36**, 2526 (2003).
- [4] G. S. Cho, J. Y. Lee, D. H. Lee, J. H. Koo, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **37**, 2863 (2004).
- [5] G. S. Cho, D. H. Lee, J. Y. Lee, D. H. Gill, *IEEE Trans. Plasma Science* **33**, 1410 (2005).
- [6] M. Ilmer, R. Lecheler, H. Schweizer, M. Seibold, *SID 00*, **931** (2000).
- [7] Y. Ikeda, T. Shiga, S. Mikoshiba, M. Tsuchiya, S. Shinada, *SID 00*, **938** (2000).
- [8] J. M. Jeong, M. J. Shin, S. C. Shin, and G. Cho, *J. Kor. Vac. Soc.* **15**, 587 (2006).
- [9] G. Cho, D. H. Lee, J. Y. Lee, H. S. Song, D. H. Gill, *J. Kor. Vac. Soc.* **14**, 48 (2005).
- [10] C. J. Sansonetti, M. L. Salit, and J. Reader, *Appl. Opt.* **35**, 74 (1996).
- [11] G. S. Cho, J. Y. Lee, D. H. Lee, S. B. Kim, *IEEE Trans. Plasma Science* **33**, 4 (2005).
- [12] B. Petersson, *Ark. Fys.* **27**, 317 (1964).
- [13] W. F. Meggers and C. J. Humphreys, *Bur. Stand. J. Res.* **13**, 293 (1934).

Properties of Longitudinal & Transverse Discharge in a Tubular Fluorescent Lamp

J. Y. Chung, J. H. Kim, J. M. Jeong, D. J. Jin, H. C. Kim, J. H. Bong, H. C. Hwang,
M. S. Lee, J. H. Koo, G. S. Cho*

Department of Electrophysics, Kwangwoon University, Seoul 139-701

(Received March 18, 2008, Revised June 4, 2008, Accepted June 16, 2008)

The properties of discharge, luminance, and spectroscopy are investigated in a longitudinal and transverse discharge fluorescent lamps with tube of outer diameter 4 mm. The sample lamps are prepared to be three kinds of gas composition such as mercury lamps of Ne(95%)+Ar(5%)+Hg(2 mg), the mercury-free lamps of Xe 100% and Ne+Xe(4%). The gas pressure is in the range of 5~300 Torr. In the mercury lamps, the longitudinal discharge having a positive column is high in luminance and efficiency, while the transverse discharge is no luminance at all. In the Xe-lamps, the transverse discharge shows relatively good in efficiency as compared with the longitudinal discharge which has a high discharge voltage and a low luminance and efficiency. In the transverse discharge of relatively high efficiency, a pure Xe(100%) gas discharge has a higher efficiency than the mixture gas of Ne+Xe(4%). Through these experiments, the properties of mercury and xenon lamps are verified. In the mercury lamps, the longitudinal discharge of tubular fluorescent lamps is high in luminance and efficiency, while the transverse discharge of flat panel fluorescent lamps are low in luminance efficiency. In the mercury-free lamps, the flat fluorescent lamps of transverse discharge having a high pressure ~100 Torr with the pure Xe-gas are verified to be suggestable.

Keywords : Mercury Fluorescent Lamp, Mercury-free Fluorescent Lamp, Xe-discharge,
Longitudinal Discharge, Transverse Discharge

* [E-mail] gscho@kw.ac.kr