

외부전극 형광램프의 핀홀 현상

길도현¹ · 김상범¹ · 송혁수¹ · 유동근¹ · 이상훈² · 박민순¹ · 강준길¹ · 조광섭^{1*}
조미령³ · 황명근³ · 김영욱³

¹광운대학교 전자물리학과, 서울 139-701

²광운대학교 전자공학부, 서울 139-701

³한국조명기술연구소, 서울 121-888

(2006년 1월 2일 받음)

외부전극 형광램프의 구동에서 과도한 전력을 인가하면, 외부전극 부분의 유리관 표면에 작은 원형의 구멍(핀홀)이 발생하여 램프가 파손된다. 핀홀은 외부전극과 유리관을 유전층으로 하는 캐패시터의 절연파괴이며, 이러한 절연파괴력은 인가되는 전력에 비례한다. 유전상수가 K 인 램프에 흐르는 전류가 작을 때, 핀홀이 발생하는 유리관의 절연파괴 전기장의 세기는 약 $3K$ kV/mm이다. 이러한 절연파괴 전기장의 세기는 램프에 흐르는 전류가 커질수록 작아진다.

주제어 : 외부전극 형광램프, 핀홀, 방전, 절연파괴, 플라즈마

I. 서론

LCD backlight의 광원으로서는 CCFL(cold cathode fluorescent lamp)이 광범위하게 사용되어 왔다. EEFL(external electrode fluorescent lamp)은 CCFL의 구동 주파수와 동일한 저주파 구동 방식으로 2000년에 처음 소개[1]된 이후 LCD backlight의 광원으로 검토되었다[1-12]. 최근에는 32인치급 LCD-TV용 backlight에 EEFL이 채용되어 상용화되기에 이르렀고, 향후 대형 평판 TV 시대에 LCD-TV의 주력 광원으로 각광받을 것으로 전망된다. EEFL의 성능은 최근 몇 년 동안 많이 개선되었으며, 휘도와 효율이 CCFL에 필적하게 되었다. 그러나 EEFL의 신뢰성 문제는 backlight의 광원으로 채용하는데 걸림돌이 되었다. 특히 본 연구에서 다루는 EEFL에서의 핀홀(pinhole)의 문제는 그 원인에 대하여 많은 논란이 있다.

CCFL이나 EEFL의 구동에서 있어서, 인가전압을 점점 높이면, 어느 한계 전압에서 램프가 손상된다. 이때 CCFL은 전극의 접합부분이 녹아버리고, EEFL은 전극 표면에 작은 구멍인 핀홀이 발생하여 램프로서의 기능을 상실하게 된다. 본 연구에서는 핀홀 현상에 대한 체계적인 연구를 통하여 그 원인

을 규명하는 것이다. 이를 위하여 EEFL의 핀홀 발생 실험과 유리재의 절연파괴 실험을 병행하였다.

II. 실험 및 결과

본 연구는 LCD용 광원으로 사용하는 형광램프의 가혹 조건에서 발생하는 문제를 다룬다. 그리고 형광램프의 손상 실험 결과를 이해하기 위하여 유리재의 절연 파괴 실험을 병행한다. CCFL과 EEFL에 적정 한계 이상의 전압 및 전력을 인가하였을 때 발생하는 현상을 관찰한다. 그리고 얇은 판유리에 고전압을 인가하여 유리판의 파손실험 결과와 비교한다. 특히, 실험적으로 CCFL과 EEFL의 파손 형태를 관측하고, EEFL의 핀홀 발생과 유리판의 파괴 실험을 비교 분석한다.

CCFL은 니켈재의 실린더형 전극이 방전관 내부의 양단에 설치되고, 양단 유리관 끝에서 전극의 리드선과 유리관 끝이 봉합되어 있다. 이 리드선에 의하여 전원에 연결되고, 방전에 의하여 직접 전류가 리드선을 통하여 흐르게 된다. EEFL은 유리관 양단에 설치된 외부전극의 전기용량성(capacitive coupled discharge) 결합에 의한 방전이다. 따라서 외부전극과 유리관 내부의 플라즈마 사이에 존재하는 유리관

* [전자우편] gscho@kw.ac.kr

벽에 의한 유전층 장벽 방전(dielectric barrier discharge)을 특징으로 한다. 이들 형광램프에 한계 전압 이상의 전력을 공급하면 램프가 파손된다.

2.1. EEFL 및 CCFL 고 전압 인가 실험

본 연구에서 사용하는 램프는 길이 352 mm, 외경 2.6 mm, 두께 0.3 mm의 보로실리케이트 관이며, EEFL과 CCFL의 유리관의 길이 및 외경은 동일하다. 관의 내벽은 RGB삼원색 형광체가 도포되어 있으며, 가스 조성비는 네온 97 %, 아르곤 3 %와 미량의 수은이 첨가되어 있으며, 압력은 80 Torr이다. EEFL의 외부 전극은 유리관 성형시보다 낮은 온도에서 실버 페이스트를 수십 마이크로미터의 두께로 소성하였다. 실버페이스트는 PDP에서도 널리 사용되고 있는 것으로 Ag 파우더에 PbO-B₂O₃-SiO₂를 바인더로 사용한다.

그림 1은 CCFL과 EEFL의 구동 실험 회로에 대한 개념도이다. CCFL은 양단에 안정 캐패시터(ballast capacitor) C를 부착한다. EEFL은 외부전극 자체가 안정 캐패시터의 역할을 하며, 외부전극 길이는 l 이다. 각 실험에서 a와 b사이의 전압 V_{ab} 를 측정하며, 램프 전류와 램프 휘도를 측정한다. 본 실험에서 사용하는 전원은 전압 가변형 DC-AC 인버터이며, 구동 주파수는 70 kHz이다. CCFL과 EEFL의 각각에 대하여 램프 파손 시까지 입력 전압을 증가시킨다. 램프가 파손되는 전압과 전류를 측정한다. 이러한 파손 실험을 안정 캐패시터 C와 외부전극의 길이 l 을 달리하여 동일한 실험을 수행한다.

램프에 인가하는 전압을 증가시키면, 관전류가 증가하고, 램프의 휘도도 증가한다. 전압을 어느 한계치 이상으로 인가하면, CCFL의 경우는 전극 부분에서 고열이 발생하고 급기야 전극 부분이 녹는

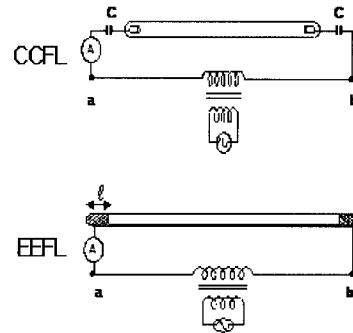


그림 1. CCFL(a) 과 및 EEFL(b)의 구동 실험 개념도.

다. 한편, EEFL에 전압을 증가하면, 마찬가지로 관전류가 증가하고, 전극 부분에 고열이 발생하고, 어느 순간에 램프가 꺼져버린다. 그림 2는 관전류에 의하여 손상된 램프의 사진이다. CCFL의 손상 형태는 사진(그림 2(a))과 같이 전극부위의 유리관이 녹는다. EEFL은 외부전극의 표면에 작은 구멍이 발생한다(그림 1(b)와 (c)). 이 구멍을 핀홀이라고 명명한다. 아래의 사진은 핀홀의 형태이며, 직경이 약 0.4 mm의 원형이다.

그림 3은 CCFL의 휘도 변화 및 램프의 가혹 실험에 의한 파손점을 나타내는 그림이다. CCFL은 양단에 안정 캐패시터 C값을 변화하여 실험한다. 그림 4에서 EEFL의 전극 길이 변화에 대한 휘도 및 램프 손상점을 나타내었다. 그림 3-(a)는 관전류에 대한 휘도 변화이다. 관전류의 증가에 따라서 휘도가 증가한다. 그러나 휘도가 30,000 cd/m² 이상에서 휘도의 증가율이 감소하며, 약 40,000 cd/m² 에서 휘도는 포화된다. 그림 3-(b)는 입력 전력에 대한 휘도이다. 입력전력이 증가함에 따라 휘도는 선형적으로 증가한다. 그러나 30,000 cd/m² 이상에서 휘도의 증가율은 감소하고 포화된다. 휘도가 포화된 이후에 관전류

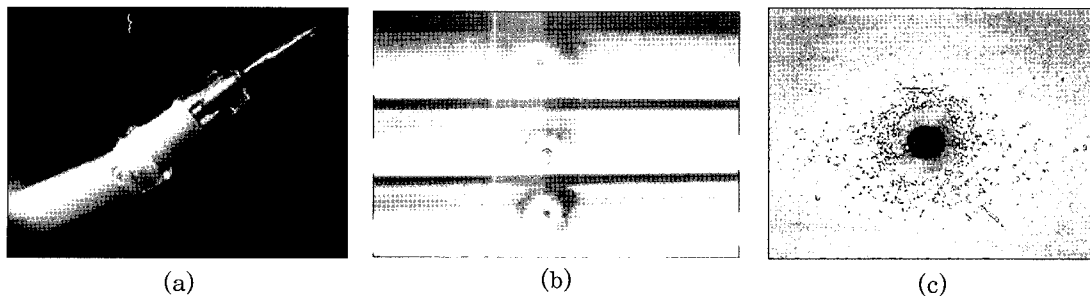


그림 2. 파손된 램프 사진. CCFL은 전극부분이 고열로 녹는다(a). EEFL은 외부전극의 표면에 작은 구멍(핀홀)이 발생한다(b). 핀홀을 확대한 사진이다(c).

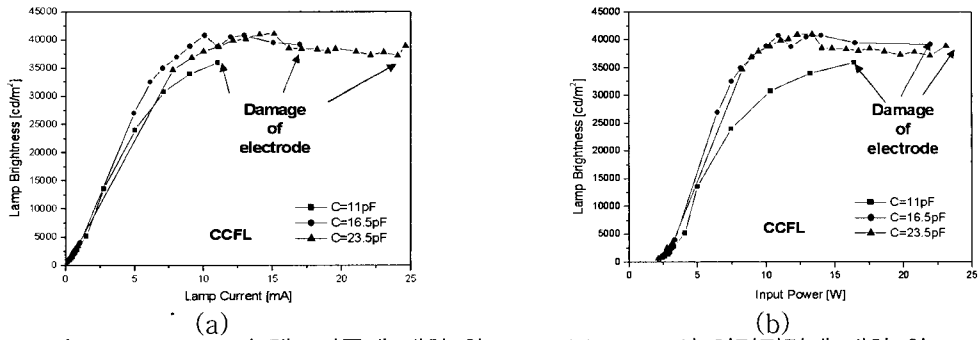


그림 3. (a) CCFL의 램프전류에 대한 휘도, 3-(b) CCFL의 입력전력에 대한 휘도.

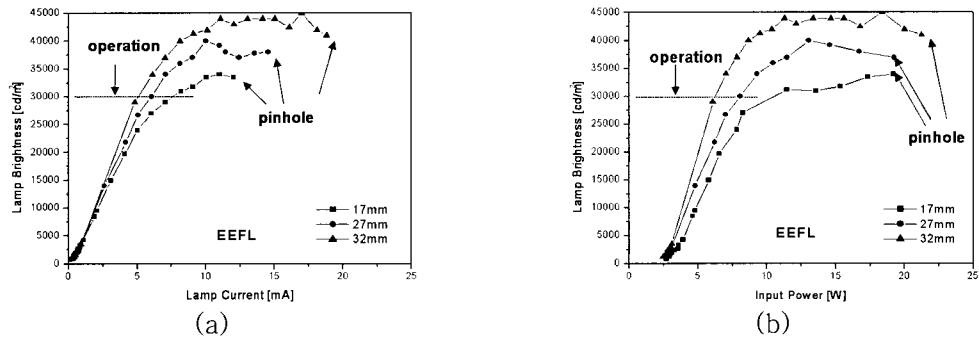


그림 4. (a) EEFL의 램프전류에 대한 휘도, 4-(b) EEFL의 입력전력에 대한 휘도.

와 입력전력을 증가하면, 급기야 CCFL 양단의 전극 부위가 고열에 의하여 녹고, 램프의 기능을 상실한다. 본 실험에서 CCFL의 양단에 설치한 안정 캐패시터는 11 pF에서 23.5 pF까지 변화하였다. 안정 캐패시터의 값이 커질수록 램프의 포화 휘도의 값이 높고, 램프의 파손점도 늦춰진다. 그러나 안정 캐패시터가 충분히 큰 16.5 pF과 23.5 pF에서는 거의 비슷한 입력전력에서 램프가 파손된다.

그림 4는 EEFL의 휘도 변화 및 램프 손상점 그래프이다. 그림 4-(a)는 전극 길이에 대한 관전류와 휘도의 그래프이다. 전류값이 작을 때는 관전류의 증가에 대하여 휘도는 선형적으로 증가한 후, 포화된다. 포화 이후에 전류를 계속 증가시키면 핀홀이 발생하여 램프의 기능을 잃는다. 그런데 외부전극의 길이가 길어질수록 고휘도에서 포화되며, 핀홀이 발생하는 전류값도 더 커진다. 전극이 짧아져도 포화 휘도는 $30,000 \text{ cd/m}^2$ 이상이며, 핀홀이 발생하는 관전류는 약 12~20 mA이다. 그러나 통상적으로 램프 구동 시의 관전류의 적정값은 5~8 mA이며, 이 값은 핀홀이 발생하는 관전류 12~20 mA보다 상당히 작은 값이다.

그림 4-(b)는 외부전극 길이별 입력 전력에 대한

휘도이다. 외부전극의 길이가 길수록 입력전력에 대한 휘도의 증가율과 최고 포화 휘도 값이 크다. 휘도가 포화된 이후에 입력전력을 과도하게 증가하면 어느 순간에 핀홀이 발생한다. 램프의 적정 동작 시의 휘도가 $30,000 \text{ cd/m}^2$ 일 때, 구동 입력전력은 5~7 W이고, 핀홀이 발생하는 한계 입력 전력은 약 20 W이다.

그림 5는 외부전극의 길이에 대한 핀홀이 발생하는 입력전력을 나타내었다. 일반적으로 동작 휘도 $30,000 \text{ cd/m}^2$ 를 얻는데는 외부전극의 길이가 길수록 입력전력은 다소 작아진다. 실험결과 전극 길이가 1.7 cm에서 3.5 cm로 증가할 때 전력은 7 W에서 4 W로 작아진다. 그러나 핀홀이 발생하는 입력 전력은 외부전극의 길이와 상관없이 약 20 W이다. 그림 5에서 핀홀의 발생은 외부전극 길이에 무관하게 일정한 입력전력에서 발생되며, 입력전력이 약 20 W일 때 핀홀이 발생함을 보여준다.

그림 6은 외부전극의 길이에 대한 핀홀이 발생하는 전압과 전류를 나타내었다. 외부전극의 길이 길수록, 핀홀이 발생하는 전압은 작아지는 반면에 전류는 커진다. 그 결과 그림 5에서 외부전극 길이에 무관하게 일정한 크기의 입력전력을 인가하는 경우에 핀홀이 발생한다.

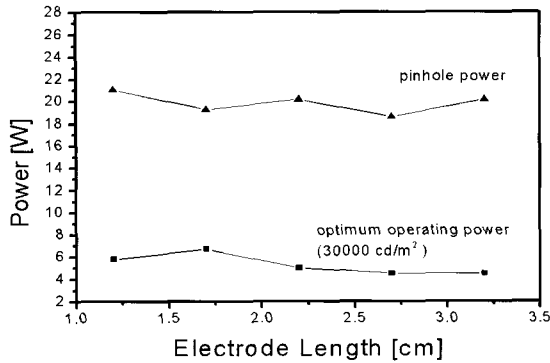


그림 5. EEFL에서 외부전극의 길이에 대한 핀홀이 발생하는 입력전력

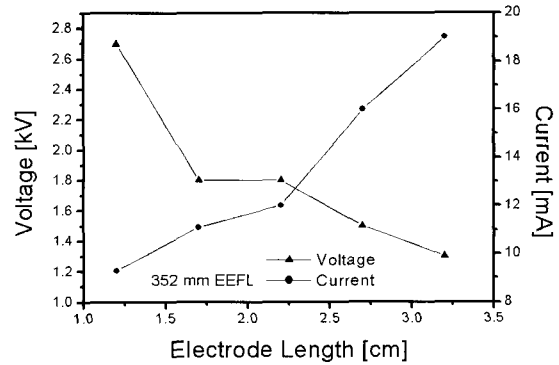


그림 6. EEFL의 전극 길이에 대한 핀홀이 발생하는 전압 및 전류

2.2. 유리재의 절연파괴 실험

앞의 절에서 CCFL과 EEFL의 동작 전력 이상의 입력전력에 의한 파손 실험을 하였다. CCFL은 전극부분에 고열에 의하여 유리재가 녹는다. EEFL은 핀홀이 발생하며, 이러한 핀홀은 전극의 길이에 무관하게 한계 입력전력 이상에서 발생한다. 본 절에서는 EEFL의 유리관 표면에 발생하는 핀홀의 발생 원인과 유리재의 절연파괴 현상과의 관련성을 알아보기 위하여 얇은 유리관의 절연파괴 실험을 수행한다.

절연파괴 실험용 유리재는 가로 24 mm, 세로 40 mm, 두께 150 μm의 직사각형의 커버글라스를 사용한다. 두께가 다른 유리재에 대한 실험을 위하여 얇은 유리재를 수 개 겹쳐서 사용한다. 절연파괴 실험을 위한 전원 인가를 위하여 유리관 양면에 넓이 1 cm 길이 1.5 cm의 구리테이프를 붙여서 전극으로 사용한다.

그림 7은 유리재 절연파괴 실험의 개념도이다. 유리재의 양면에 구리 테이프 전극을 부착하고, 전압 가변형 DC-AC 인버터를 사용하여 전압을 인가한다.

유리재 절연파괴 실험은 대기 중에서도와 진공 중에서 실험을 수행한다. 진공 장비는 로터리 펌프와 터보 펌프를 사용하여 10⁻⁴ Torr까지 배기하여 챔버 내에서 실험한다.

표 1은 대기 및 진공 챔버 내에서의 유리관 두께 별 절연 파괴 전압과 전력을 나타낸 것이다. 유리관이 두꺼워짐에 따라 절연 파괴 전압과 입력전력이 상승한다. 대기 중에서는 진공 챔버 내에서보다 낮은 전압과 전력에서 유리관의 절연파괴가 발생한다.

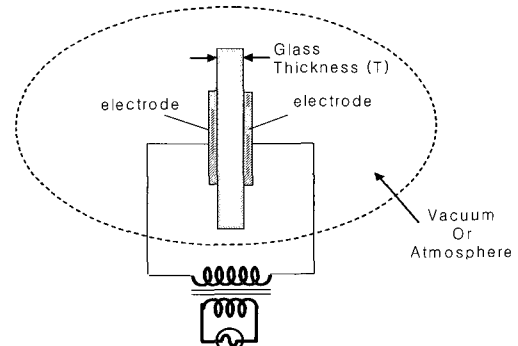


그림 7. 유리재의 절연파괴 실험 개념도. 얇은 유리관(유전 상수 K=4)의 양측에 구리 테이프를 부착하여 전압을 인가한다.

표 1. 유리관 두께에 대한 대기 중과 진공 챔버 내부에서 시행한 절연파괴 실험의 결과.

Glass Thickness [um]	Breakdown			
	Atmosphere		Vacuum	
	Voltage [V]	Input Power [W]	Voltage [V]	Input Power [W]
150	1,168	3.47	2,067	3.71
300	1,859	6.97	2,867	5.5
450	2,336	11.43	3,267	6.7

핀홀이 발생하는 입력 전압과 전류, 그리고 입력 전력은 진공 및 대기 중의 실험과 관계없이 유리관의 두께가 커짐에 따라서 증가한다. 그리고 동일한 유리관의 두께에 대하여, 진공에서 실험할 때의 핀홀 발생 전압이 대기 중의 핀홀 전압보다 약 1.5배 정도 높다. 반면에 핀홀 발생 시의 전력은 대기 중에서도 실험한 경우의 입력전력이 진공 중의 입력전

력보다 높은 경향을 갖는다. 이는 대기 중의 실험에서는 주변 공기 입자의 이온화에 의한 누설전류가 발생하여 전류량이 커지고 또한 입력전력도 크다. 이러한 전력량의 증가는 상당부분 전극부 및 유리체의 열에너지로 전환되어 핀홀의 발생을 저전압에서도 가능하게 한다. 반면에 진공 중의 핀홀 실험에서는 회로에 흐르는 전류량이 작으므로 열적인 에너지 충분치 않기 때문에 공기 중에서 보다 1.5배의 높은 전압에서 핀홀이 발생한다. 즉, 핀홀은 입력전력이 크면 핀홀 전압은 낮아진다. 이러한 입력전력은 상당부분 유리체에 열로 변환되고, 이러한 고열이 핀홀 발생을 저전압에서 용이하게 한다.

그림 8은 유리판에 고전압을 인가하여 절연파괴로 인하여 나타난 유리판의 파괴 형태를 확대한 사진이다. 유리판의 파괴 형태는 원형의 홀이며, 직경은 약 0.7 mm이다. 인버터의 입력 전압을 증가시키에 따라서 유리판 양단의 전압과 전류가 증가하고, 어느 한계점에서 절연파괴가 발생한다. 절연파괴 시에는 전류가 급증하면서 유리판에 구멍이 뚫린다.

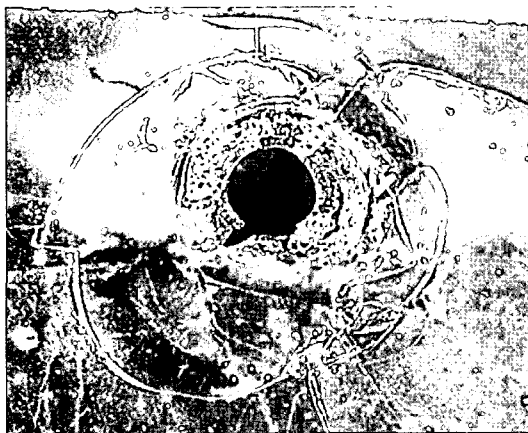


그림 8. 절연파괴가 일어난 유리판 사진. 직경이 4 mm인 원형의 구멍이 형성된다.

III. 실험결과 분석 및 논의

EEFL 구동시 적정 이상의 전력을 공급하면 외부 전극의 표면에는 핀홀이 발생하여 램프가 파손된다. 유리판 두께 0.3 mm의 EEFL에서, 전극 길이 1.2 cm~3.2 cm에 대하여 핀홀 발생 전압은 2.7 kV~1.3 kV이고 이때의 전류량은 10 mA~19 mA이다. 이에 대한 유리판 두께 0.3 mm를 고려하면, 전기장 세기는 9 kV/mm~4.3 kV/mm이다. 이러한 절연파괴 전기장의 세기는 일반 대기의 절연파괴

전기장의 세기인 3 kV/mm와 비교할 때, 저 전류에서는 유리판의 유전상수 $K=3$ 의 배에 해당하는 전기장의 세기이다. 그러나 램프 내부에 흐르는 전류가 커지면, 전류에 의한 열적인 효과에 의하여 더 낮은 전압, 더 낮은 전기장의 세기에서 핀홀이 발생한다.

EEFL에서 핀홀 발생 원인을 이해하기 위하여 유리판 양쪽에 도체를 설치한 캐패시터 형태에서 절연파괴 실험을 수행하였다. 유리판 양측의 도체에 전압을 인가하여 유리판에 강한 전기장을 형성하여 절연파괴 실험을 대기 중에서도와 진공 챔버 내에서 수행하였다. 유리판의 두께 150, 300, 450 (μm)에 대하여 진공 중의 절연파괴 전기장의 세기는 13, 9.7, 7.3 (kV/mm)이다. 진공 중에서 유리판의 두께가 150 μm 일 때는 방전에 의한 플라즈마 전류가 거의 관측되지 않을 때이며, 이때의 절연파괴 전기장은 공기의 절연파괴 전기장 3 kV/mm보다 유리판의 유전상수 $K=4$ 의 배인 12 kV/mm보다 큰 13 kV/mm를 갖는다. 한편, 대기 중에서 절연파괴 실험을 하는 경우는 절연파괴 전기장의 세기가 진공일 때보다 더 낮아져서 8.0, 6.2, 5.2 (kV/mm)가 된다. 그 이유는 대기 중에서 실험하는 경우는 도체 주변의 공기 방전에 의한 플라즈마 전류로 고열이 발생하고, 이로 인하여 공기 중에서는 절연파괴 전압이 낮아진다.

따라서 핀홀은 강한 전기장에 의한 절연파괴와 고온의 플라즈마 전류에 의한 열적인 효과가 부수적으로 작용한다. 또한 핀홀의 형태는 원형의 작은 구멍이며, 핀홀 주변에 플라즈마의 분출 흔적이 관측된다. 얇은 평판 유리의 절연파괴 실험에서도 동일한 현상이 관측된다. 마찬가지로 얇은 유리판의 절연파괴는 공기 중에서는 방전 전류로 가열되어 진공에서보다 작은 전압으로 유리판이 파손된다.

EEFL은 유리판 양쪽 끝의 표면에 형성된 외부전극과 유리판 내부의 방전공간에 발생하는 플라즈마 자체가 전극의 역할을 하는 전극 자체가 캐패시터의 기능을 하는 방전 관이다. 핀홀은 외부전극과 플라즈마 사이의 유리판에 강한 전기장이 형성됨으로서 유리체의 절연파괴 현상으로 설명된다. 이는 파손 형태가 둥근 작은 구멍이며, 유리판의 절연파괴 실험에서도 동일한 형태의 홀이 관측된다. 따라서 핀홀은 강한 전기장에 의한 절연파괴이며, 이러한 파괴력은 인가 전력에 비례한다.

IV. 결 론

전기 용량성 결합에 의한 유전층 장벽 방전을 특징으로 하는 EEFL의 구동에는 적절한 인가전압이 있고, 허용되는 한계 전압이 있다. 적절한 전압은 최고의 휘도와 효율을 얻기 위한 전압이며, 이는 인가전압의 상승에 대한 포화 휘도 직전의 전압이다. EEFL에 허용되는 한계 전압은 핀홀이 발생하는 전압 이하가 된다.

본 실험은 외경 2.6 mm, 길이 352 mm, 유리관 두께 0.3 mm, 그리고 전극 길이 20 mm의 EEFL에서, 적정 구동전압 1 kV이다. 이때 램프에 공급되는 전력은 약 6 W이며, 램프 휘도는 30,000 cd/m²이다. 그러나 전압 1.8 kV가 인가되고 입력전력이 약 20 W이면, 외부전극의 표면에 핀홀이 발생하며 플라즈마가 분출되어 램프가 파손된다. 이때 핀홀은 직경 0.3 mm의 원형이며, 핀홀 주변에 플라즈마 분출 흔적이 관측된다.

결론적으로, EEFL에서의 핀홀은 외부전극 표면 유리관의 유전층 파괴 현상으로 이해된다. 이러한 유전층 파괴 현상은 유리관의 두께가 두꺼워짐에 따라 높은 전압에서 일어난다. EEFL의 핀홀은 램프의 전류량이 작으면 핀홀이 발생하는 전압이 높고, 램프 전류가 크면 핀홀 발생 전압이 낮아진다. 즉, 핀홀은 일정한 크기의 입력전력에서 발생한다. 핀홀과 같은 유리관의 절연파괴 전기장의 세기는 램프에 인가되는 전류량에 따라서 다르며, 전류량이 작으면 9 kV/mm이다. 이 값은 공기의 절연파괴(air-breakdown) 전기장 3 kV/mm에 대하여 유리재의 유전율 $K \sim 3$ 의 배에 해당한다. 그러나 전류량이 충분히 크면 절연파괴 전기장은 4 kV/mm로 낮아진다. 이는 램프전류에 의하여 유리재에 고열이 동반되고, 이러한 고열이 절연파괴 전압을 낮게 하는 효과가 있다고 분석된다.

감사의 글

이 논문은 “2004년도 광운대학교 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었으며”, 산업자원부 에너지관리공단의 “이중관 EEFL의 구동장치 설계 및 시스템의 표준화 기술 개발” 및 표준협회 “평판 디스플레이 백라이트용 유닛(BLU) 국제 표준화를 위한 포럼”의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] H. S. Kim, D. G. Joh, Y. G. Kim, J. J. Ko, D. I. Kim, C. W. Lee, E. H. Choi, G. Cho, B. H. Hong, H. K. Sohn, and B. K. Yu, SID'01 Digest, 687 (2001).
- [2] S. J. Kim, N. O. Kwon, Y. M. Kim, D. O. Yang, J. W. Hong, Y. G. Lee, T. S. Cho, J. G. Kang, E. H. Choi, G. Cho, S. S. Kim, and B. H. Hong, SID'02 Digest, 1151 (2002).
- [3] G. Cho, S. J. Kim, N. O. Kwon, Y. M. Kim, T. S. Cho, E. H. Choi, B. S. Kim, and J. G. Kang, IMID'02 Digest, 536 (2002).
- [4] H. S. Yoo, IMID'02 Digest, 835 (2002).
- [5] D. G. Joh, D. H. Gill, H. S. Kim, Y. M. Kim, Y. J. Kim, J. J. Ko, D. I. Kim, C. W. Lee, Y. H. Seo, E. H. Choi, and G. Cho, ASID'00 Digest, 470 (2000).
- [6] N. O. Kwon, Y. M. Kim, H. S. Kim, S. J. Kim, D. H. Gill, T. S. Cho, Y. G. Kim, J. J. Ko, E. H. Choi, G. Cho, B. H. Hong, H. K. Sohn, and B. K. Yu, IDW'01 Digest, 625 (2001).
- [7] S. J. Kim, N. O. Kwon, Y. M. Kim, D. O. Yang, J. W. Hong, Y. G. Lee, G. Cho, B. S. Kim, and J. G. Kang, IDW'02 Digest, 493 (2002).
- [8] T. S. Cho, Y. M. Kim, N. O. Kwon, S. J. Kim, J. G. Kwon, E. H. Choi, and G. Cho, Jpn. J. Appl. Phys. **41**, L355 (2002).
- [9] Y. M. Kim, S. J. Kim, N. O. Kwon, Y. G. Lee, E. H. Choi, G. Cho, B. S. Kim and J. G. Kang, IMID'02 Digest, 553 (2002).
- [10] N. O. Kwon, Y. M. Kim, S. J. Kim, T. S. Cho, G. Cho, B. S. Kim and J. G. Kang, IMID'02 Digest, 539 (2002).
- [11] G. Cho, B. S. Kim, D. O. Yang, J. W. Hong, Y. K. Lee, J. H. Lee, J. Y. Lee, D. H. Lee, E. H. Choi, and J. G. Kang, SID'03 Digest, 1368 (2003).
- [12] B. S. Kim, J. G. Kang, S. M. Hong, S. B. Kim, M. R. Cho, D. H. Lee, E. H. Choi, and G. Cho, SID'03 Digest, 1372 (2003).

Pinhole Phenomena in the External Electrode Fluorescent Lamps

Doh H. Gill¹, Sang B. Kim¹, Hyuk S. Song¹, Dong G. Yu¹, Sang. H. Lee², Minsun Pak¹
Junegill Kang¹, Guangsup Cho^{1*}, Mee R. Cho³, Myung G. Hwang³, Young Y. Kim³

¹*Department of Electrophysics, Kwangwoon University, Seoul 139-701*

²*Department of Electronic Engineering+, Kwangwoon University, Seoul 139-701*

³*Korea Institute of Lighting Technology, Seoul 121-883*

(Received January 2, 2006)

Application of power higher than the optimum operation value to an external electrode fluorescent lamps (EEFL) leads to the formation of small holes, called pinholes, which subsequently leads to lamp failure. The pinholes come from the insulating breakdown of the capacitor which is the dielectric layer between an external electrode and glass tube. The power of insulation breakdown is proportional to the electric power applied to the lamp. When a lamp current is low in the glass tube of dielectric constant K , the dielectric field strength of pinholes is about 3K kV/mm. The field strength of insulation breakdown decreases as the lamp current increases.

Keywords : External electrode fluorescent lamp, Pinhole, Discharge, Insulation breakdown, Plasma

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