

스크린 인쇄 기법에 의해 제작된 분산형 무기 EL 램프의 휘도 변화율

강영립,[†] 문길환

중부대학교 인쇄미디어학과

(2011년 6월 24일 접수, 2011년 8월 15일 최종 수정본 접수, 2011년 8월 19일 게재 확정)

The Altering Ratio of the luminance of a Inorganic Powder EL Lamp That was made by Screen Printing Technique

Young-Reep Kang,[†] Kil-Hwan Moon

Dept. of Printing Media, Joongbu University

(Accepted on June 24, 2011, Requisitioned last revision on August 15, 2011,

Publication decision on August 19, 2011)

Abstract

The inorganic powder EL lamp was made by screen printing technique with a phosphor ink and a dielectric ink. The thickness of a phosphor ink layer and a dielectric ink layer is $35\mu\text{m}$ and $54\mu\text{m}$ respectively. A increasing ratio of the luminance of inorganic powder EL lamp to be a 1P1PD-phosphor ink layer in which increased voltage at constant frequency is higher 12% than when increased frequency at constant voltage. It is higher 57% than when increased frequency at constant voltage that the rate of increase of the luminance of inorganic powder EL lamp to be a 2PD-phosphor ink layer in which increased voltage at constant frequency. Finally, when increased voltage at constant frequency, a increasing ratio of the luminance of inorganic powder EL lamp to be a 2PD-phosphor ink layer is higher about 40% than that to be a 1P1PD-phosphor ink layer.

Keyword: screen printing technique, inorganic powder EL lamp, luminance, phosphors ink layer, dielectrics ink layer

1. 서 론

분산형 무기 EL 램프의 구동을 위하여 기술은 1936년에 개발¹⁾되었지만 낮은 휘도, 고전력의 구동 장치의 소요와 형광체의 짧은 내구 수명 때문에 상용적인 이용이 크게 확대되지는 못한 상태이다.^{2)~3)} 분산형 무기 EL 램프는 구동하는 전원 방식에 따라 다시 직류 구동형과 교류 구동형 구조로 나뉜다. 직류 구동형은 형광체 입자의 크기가 1.0 μm 이하의 작은 크기가 이용되는 구조이기 때문에 교류 구동 분산형 무기 EL 램프에서 처럼 5~20 μm 크기의 도포된 형광체 입자와 같은 내구 안정성이 검증된 범용 입자가 아직 없어 경제성이 높지 않은 상태이다.⁴⁾ 분산형 무기 EL 램프에 적용되는 높은 구동 전압 및 주파수로 인하여 특성 저하 및 수명 저하의 문제점을 가지고 있으며, OLED나 LED에 대비하여 휘도가 낮아 기타 우수한 장점과 다양한 응용 분야인데도 불구하고 제품 응용의 확대를 가지지 못하고 있는 것이 문제이다. 분산형 무기 EL 램프의 구동 전압을 조절하여 수명을 연장시킨다면 다양한 응용 분야에 응용성이 확대될 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 교류 구동 분산형 무기 EL 램프의 보다 나은 휘도의 향상을 위하여 전기적인 효율을 적용하고, 그 결과를 비교 검토하였다.

2. 실 험

2-1. 실험 기자재

본 실험에 사용한 스크린 인쇄판(screen-printing plate)은 알루미늄 재질의 30mm×40mm frame에 150메시 스크린 망사를 견장력 1.10kgf/cm², 견장각 22.5°에서 견장한 후, 두께 5 μm 의 유제막을 도포하여 제작하였다. 또한 스퀴지(squeegee)는 우레탄 고무를 사용하였으며, 본 실험에 적당한 잉크 전이량을 고려하여 중질의 경도 70°를 사용하였다.

스크린 인쇄기는 (주)드림테크사에서 제작한 것으로 테이블 평탄도 $\pm 30\mu\text{m}$, 인쇄 평행도 $\pm 30\mu\text{m}$, 그리고 0.8f × 15mm의 흡착 홀 및 간격을 적용하도록 설계되어있다.

ITO 필름은 일본 Toray사에서 생산하여 판매하는 것으로서 PET 필름 표면 위에 스파터링(sputtering) 방법으로 ITO를 적층하여 제작되었고, 필름 두께는 125 μm 이었다. 뿐만 아니라 실험에 사용한 잉크는 3M사에서 시판하는 불소고무(FC2211)를 용제(MEK)에 용해하여 제조한 유전 잉크(dielectric ink)와 유전 잉크를 비이클로 하고 형광체를 35:65의 비율로 혼합하여 제조한 형광 잉크(phosphor ink)이었다. 특히, 형광 잉크의 형광체는 blue green색을 발광하는 황화아연 형광체 ZnS:Cu,Cl(or Al)로서 평균 입도 분포(D50%)가 25 μm 인 것을 사용하였으며, 소포제 0.2%, 습윤 분산제 0.2%, 그리고 희석 용제를 2%

추가 혼합하였다.

2-2. 실험 방법

2-2-1. 스크린 인쇄

판들림 간격 5mm, 판들림 시간 3.0sec, 인쇄 속도 20cm/sec, 인쇄 압력 5.20kgf/cm², 및 인쇄 각도 70°로 설정하여 인쇄를 진행하였다.

2-2-1. 구동 전력

전압, 주파수를 설정하기 위한 power meter는 Yokogawa사의 WT210 모델을 사용하였다. 분산형 EL 램프의 구동을 위한 전기적인 조건은 전압 100V 및 150V 주파수 400 Hz 및 900Hz로 인가하였다.

2-2-3. 인쇄층의 두께 측정

스크린 인쇄된 유전층 및 형광층의 두께는 mitutoyo사의 Micrometer Dialgauge에 의하여 측정되었다.

2-2-3. 적층을 위한 스크린 인쇄 기법의 표기에 대한 이해

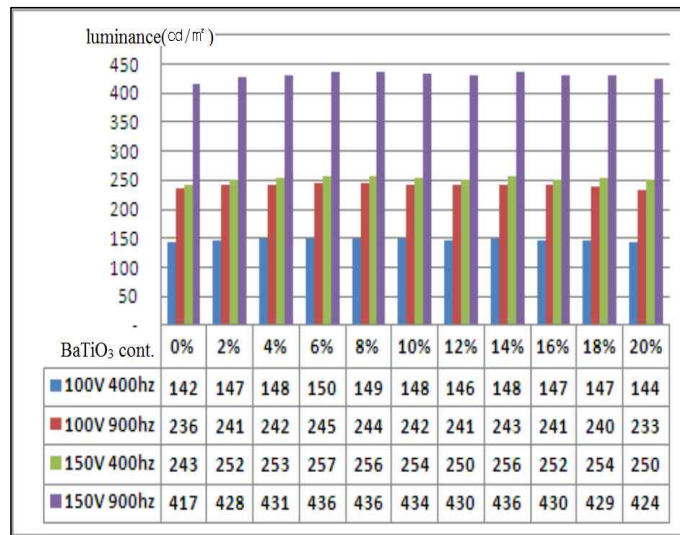
잉크의 도포를 위한 스크린 인쇄 기법은 크게 나누어 2가지 형식으로 분류되었는데, 첫 번째 인쇄한 잉크가 건조하기 전에 그 위에 연이어 재 인쇄하는 기법과 첫 번째 인쇄한 잉크가 건조된 후, 그 위에 또 다시 인쇄하는 기법을 적용하였다. 이 때 표기는 P와 PD로 하며, P는 Printing 그리고 PD는 Printing-Drying을 의미한다. 사용된 표기법은 어떤 관례나 규정에 의한 것이 아니고 다만 본 연구에서 편리상 사용된 기호일 뿐이다. 예를 들어 첫 번째 1회 인쇄하고 잉크가 건조하기 전에 그 위에 다시 인쇄한 다음 인쇄된 잉크를 완전히 건조시키고 나서 그 위에 다시 한 번 더 인쇄하고 또 건조했다고 가정하여 이것을 표기로 타나낸다면 1P2PD이겠다. 다른 예로서 첫 번째 1회 인쇄하고 잉크를 완전히 건조시키고 나서 다시 한 번 더 그 위에 인쇄하고 또 건조했다고 가정하여 이것을 표기로 타나낸다면 2PD(혹은 1PD1PD)이겠다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에 사용된 분산형 EL 램프의 제작을 위한 기본적인 공정은 유연성 있는 필름 표면 위에 ITO 박막층을 형성시킨 진도성 기질위에 형광 잉크로 스크린 인쇄하여 형광층을 형성시킨 다음, 형광층 위에 유전 잉크를 스크린 인쇄하여 유전층을 형성시킨다.

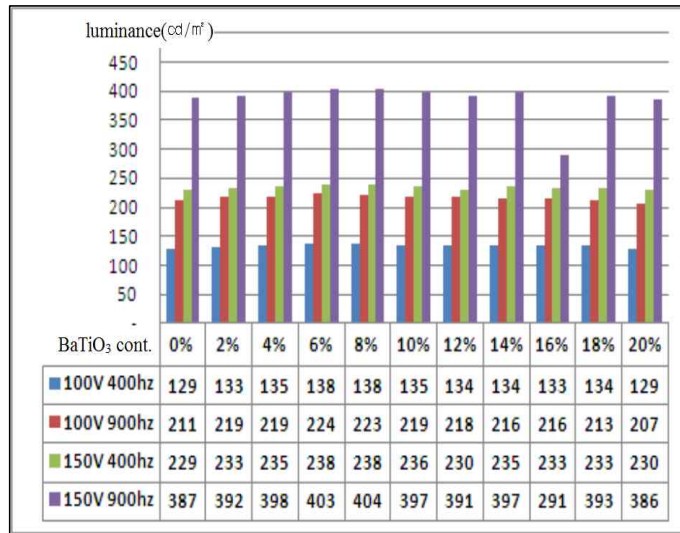
그리고 형성된 유전층 위에 다시 전도성 잉크를 스크린 인쇄하여 배면 전극층을 형성시키면 마무리 공정이 이루어진다.

본 연구에서 분산형 무기 EL 램프는 ITO 박막층이 형성되어 있는 전도성 필름 표면 위에 형광 잉크를 1P1PD 스크린 인쇄 기법으로 인쇄하여 형광층을 형성한 후, 그 위에 유전층을 형성시켜 제작한 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프와 형광 잉크를 2PD (1PD1PD) 스크린 인쇄 기법으로 인쇄하여 형광층을 형성시키고, 다시 그 위에 유전층을 형성시켜 제작한 2PD-형광층을 가지는 EL 램프로 구분하였다. 또한 유전층은 각각의 형광층 위에 유전 잉크를 1P2PD, 1P3PD, 및 1P4PD의 스크린 인쇄 기법으로 인쇄하여 형성시켰다. 이렇게 형광층을 형성시키는 스크린 인쇄 기법을 기준으로 하여 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도에 대한 결과를 Figure 1에, 2PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도에 대한 결과를 Figure 2에 각각 나타내었다. Figure 1에서 (a)는 1P2PD-유전층이 있는 경우의 발광 휘도를, (b)는 1P3PD-유전층이 있는 경우의 발광 휘도를, 그리고 (c)는 1P4PD-유전층이 있는 경우의 발광 휘도에 관한 자료이다. Figure 2의 결과와 같이 (a), (b), (c)는 각각 1P2PD, 1P3PD, 및 1P4PD-유전층에 관계된 발광 휘도를 나타내었다. 특히 Figure 1과 2의 (a), (b), (c) 각각에 있는 결과들은 모두 유전체의 함량에 관계가 있음을 알 수 있다. 왜냐하면 비이클린 폴리머 수지가 유전체로 역할을 하지만 BaTiO₃와 같은 강유전체가 첨가됨으로서 유전 방전에 대한 분산형 무기 EL 램프를 보호하는 기능이 있기 때문이다.

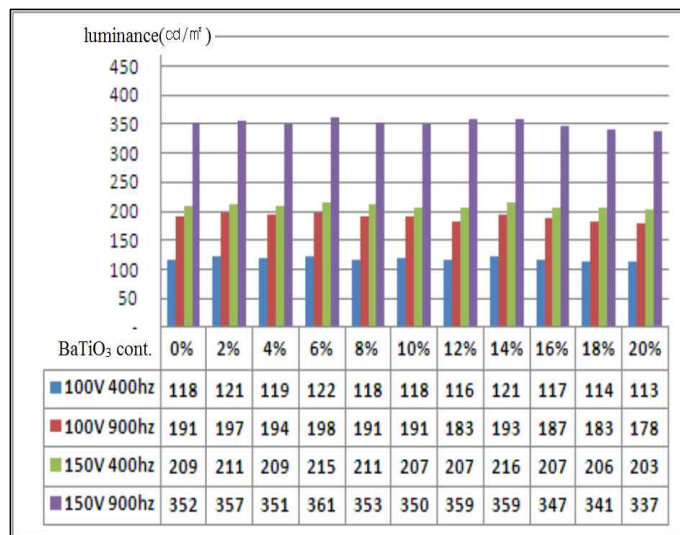


(a)

스크린 인쇄 기법에 의해 제작된 분산형 무기 EL 램프의 휘도 변화율



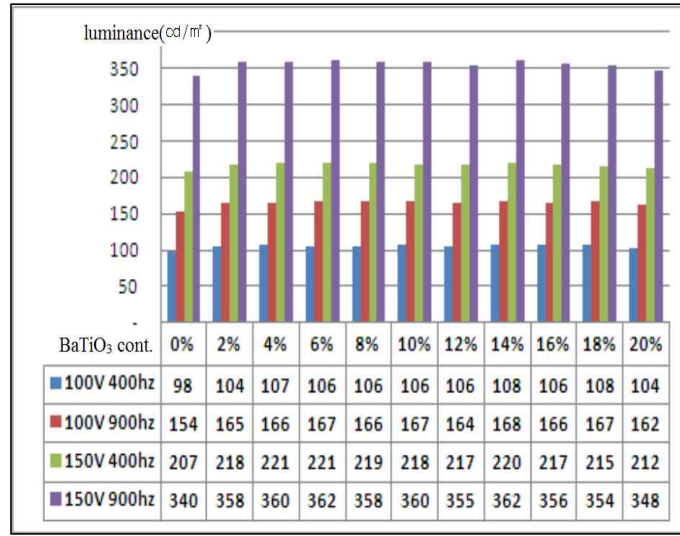
(b)



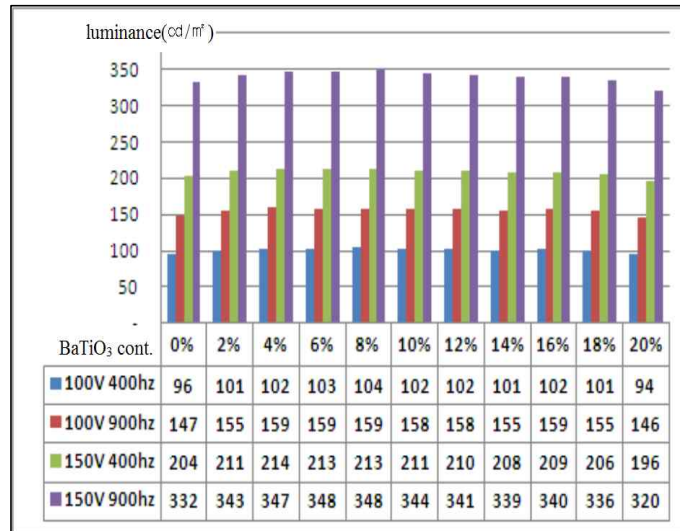
(c)

Figure 1. The luminance of inorganic powder EL lamp to be 1P1PD-phosphor ink Layer ((a): Dielectric Ink Layer made by 1P2PD-Screen Printing Technique, (b): Dielectric Ink Layer made by 1P3PD-Screen Printing Technique, (c): Dielectric Ink Layer made by 1P4PD-Screen Printing Technique).

그러나 Figure 1과 2의 결과와 같이 유전층의 인쇄 기법, 전압 및 주파수 등이 같은 조건에서는 발광 휘도의 차이가 커지 않을 뿐만 아니라, 다양한 BaTiO₃의 함량을 모두 고려한다면 연구에 대한 변수가 너무 많아 매우 복잡해지기 때문에 여기서는 강유전체인 BaTiO₃가 첨가되지 않은 상태만을 연구하였다.

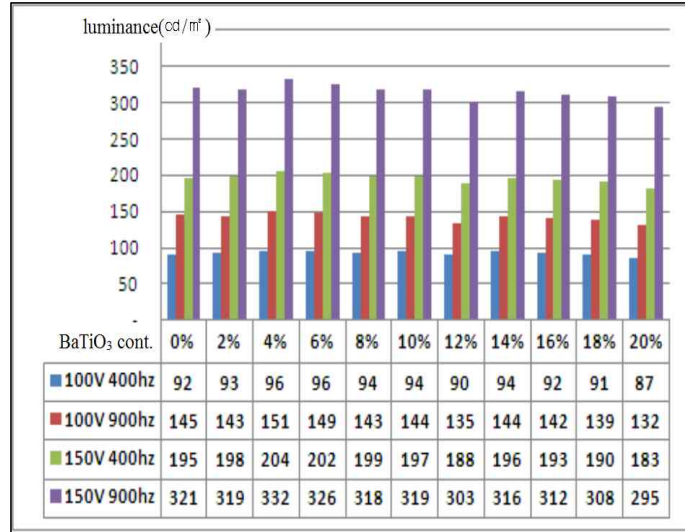


(a)



(b)

스크린 인쇄 기법에 의해 제작된 분산형 무기 EL 램프의 휘도 변화율



(c)

Figure 2. The luminance of inorganic powder EL lamp to be 2PD-phosphor ink Layer((a): Dielectric Ink Layer made by 1P2PD-Screen Printing Technique, (b): Dielectric Ink Layer made by 1P3PD-Screen Printing Technique, (c): Dielectric Ink Layer made by 1P4PD-Screen Printing Technique).

그러므로 Figure 1, 2의 결과 중에서 BaTiO₃가 첨가되지 않은 상태의 결과만 다시 정리하여 Table 1, 2에 각각 나타내었다. 이 때 Table 1은 Figure 1의 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도에 대한 결과이고, Table 2는 Figure 2의 2PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도에 대한 결과이다.

Table 1. The Luminance of Inorganic Powder EL Lamp to be 1P1PD-Phosphor Ink Layer

Dielectric Ink Voltage & Frequency	Classified by Screen Printing Technique with Dielectric Ink		
	1P2PD	1P3PD	1P4PD
100V 400Hz	142cd	129cd	118cd
100V 900Hz	236cd	211cd	191cd
150V 400Hz	243cd	229cd	209cd
150V 900Hz	417cd	387cd	352cd

Table 2. The Luminance of Inorganic Powder EL Lamp to be 2PD-Phosphor Ink Layer

Voltage & Ffrequency	Classified by Screen Printing Technique with Dielectric Ink		
	1P2PD	1P3PD	1P4PD
100V 400Hz	98cd	96cd	92cd
100V 900Hz	154cd	147cd	145cd
150V 400Hz	207cd	204cd	195cd
150V 900Hz	340cd	332cd	321cd

Table 1, 2와 같이 2PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도가 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도 보다 전반적으로 더 낮은 수치를 나타내었다. 뿐만 아니라 유전층의 스크린 인쇄 기법에 따라서도 휘도가 달라짐을 알 수 있었는데, 1P2PD에서 1P3PD, 1P4PD의 순으로 휘도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

형광 잉크 및 유전 잉크의 스크린 인쇄 기법에 따라 결정된 형광층 및 유전층의 두께는 Table 3에 나타내었다.

Table 3의 결과와 같이 2PD 스크린 인쇄 방법에 의한 형광층의 두께가 1P1PD 스크린 인쇄 기법에 의한 형광층의 두께 보다 154% 더 두껍게 형성되었으며, 유전층도 1P2PD에서 1P3PD, 1P4PD의 순으로 더 두껍게 형성되었는데, 특히 1P3PD-유전층은 1P2PD-유전층 보다 154% 더 두껍게 형성되었고, 1P4PD-유전층은 1P3PD-유전층 보다 136% 더 두껍게 형성되었다.

Table 3. A Thickness of Phosphor Ink Layer and Dielectric Ink Layer

Printing Technique	Classification of Layer				
	1P1PD	2PD	1P2PD	1P3PD	1P4PD
Phosphor Ink Layer	35 μ m	54 μ m			
Dielectric Ink Layer			16 μ m	25 μ m	34 μ m

Table 1의 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프에서 각각 주어진 일정 전압 및 주파수를 조건으로 유전층의 두께를 관련지어 발휘도의 변화율을 살펴보면, 100V 400Hz일 때 1P4PD-유전층의 휘도는 1P3PD-유전층의 휘도는 보다 9% 낮으며, 1P3PD-유전층의 휘도는 1P2PD-유전층의 휘도 보다 10% 낮은 상태임을 알 수 있다. 또한 다른 각각의 전

압 및 주파수 조건에서도 유전층의 두께가 증가하는 순으로 이와 유사하게 대략 10% 이내로 휘도가 낮아졌다.

Table 2의 2PD-형광층을 가지는 EL 램프에서도 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프에 서와 마찬가지로 각각의 전압 및 주파수 조건하에서 유전층의 두께가 두꺼워지는 순으 로 휘도가 낮아지고 있는데, 여기에서는 대략 5% 이내로 감소하였다.

또한 Table 1과 Table 2의 결과에서 전압, 주파수 그리고 유전층을 일정한 조건으로 두고 서로 다른 형광층의 두께와 관련지어 휘도의 변화를 비교하면, 주어진 전압 및 주 파수가 100V 400Hz 및 100V 900Hz인 조건에서 휘도는 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램 프 보다 2PD-형광층을 가지는 EL 램프에서 25%~35% 감소를 보였고, 150V 400Hz와 150V 900Hz에서는 7%~15% 감소하였다. 이러한 현상의 원인은 EL 램프의 휘도는 형광 층 및 유전층의 두께와 전압 및 주파수에 의존하기 때문인 것으로 판단된다. 뿐만 아니 라 형광층 및 유전층의 두께에 따라, 구동 전압 및 주파수에 따라 휘도가 관련되어지는 현상은 Philips Res⁵⁾를 비롯한 여러 연구자에^{6)~8)} 의해 형광층 및 유전층의 두께가 증가 하면 내구 수명은 길어지지만 휘도가 낮아지고, 구동 전압과 주파수가 높아지면 휘도는 증가하지만 내구 수명이 저하하는 것으로 이미 알려져 있다.

그런데 본 연구에서 스크린 인쇄 기법으로 제작된 EL 램프는 형광층 두께 및 유전층 두께의 증가와 전압 및 주파수의 증가에 따른 휘도의 변화율이 일률적으로 적용되지는 않음을 알 수 있었다. 형광층 및 유전층의 두께 변화와 전압 및 주파수의 증가에 관계된 여러 가지 변수들에 대하여 상호 비교적인 사항들을 Table 4에 정리하였다. Table 4의 결과는 직접 실행된 실험에서 측정하여 얻은 자료가 아니라, Table 1과 2의 실험 결과 에 대한 상호 비교된 관계를 용이하게 볼 수 있도록 그 비 값을 나타낸 것이다.

Table 3, 4의 결과를 기본으로 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프에서 주파수 400Hz로 일정하게 두고 구동 전압을 100V에서 150V로 150% 상승시킨 경우, 휘도의 상승률은 1P2PD-유전층에서 171%, 1P3PD-유전층에서 177%, 1P4PD-유전층에서 177%로서 모두 근사한 값을 나타내었다. 또한 주파수 900Hz로 일정하게 두고 구동 전압을 100V에서 150V로 변경한 경우도 각각의 유전층에 대하여 177%, 183%, 184%로 거의 유사한 상승 률을 보였고, 전압을 100V 및 150V로 일정하게 두고 주파수를 변경한 경우도 같은 경향 임을 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 2PD-형광층을 가지는 EL 램프에서도 이와 유사한 경향을 보였고, 유전층의 두께에 따른 휘도의 절대값은 유전층의 두께가 두꺼울 수 록 낮게 측정되었지만, 휘도의 변화율은 유사하게 나타내었다. 그러나 이와는 달리 형광층 의 두께 차이에 의한 휘도의 변화율은 상당한 차이가 있었다.

따라서 EL 램프에 가해지는 전압 및 주파수의 변경에 따른 휘도의 변화율은 유전층의 두께 변화 보다는 형광층의 두께 변화에 더 큰 영향을 많이 받는 것으로 판단된다.

Table 4. A Rate of Increase of the Luminance of Inorganic Powder EL Lamp to be

2PD-Phosphor Ink Layer

Phosphor Ink Layer	Change of Voltage and Frequency	Dielectric Ink Layer	Increasing Ratio of the Luminance	
1P1PD	over from 100V 400Hz to 150V 400Hz	1P2PD	171%	1) 175%
		1P3PD	176%	
		1P4PD	177%	
	over from 100V 900Hz to 150V 900Hz	1P2PD	177%	181%
		1P3PD	183%	
		1P4PD	184%	
	over from 100V 400Hz to 100V 900Hz	1P2PD	166%	164%
		1P3PD	164%	
		1P4PD	162%	
	over from 150V 400Hz to 150V 900Hz	1P2PD	172%	170%
		1P3PD	169%	
		1P4PD	168%	
2PD	over from 100V 400Hz to 150V 400Hz	1P2PD	211%	212%
		1P3PD	213%	
		1P4PD	213%	
	over from 100V 900Hz to 150V 900Hz	1P2PD	220%	222%
		1P3PD	226%	
		1P4PD	221%	
	over from 100V 400Hz to 100V 900Hz	1P2PD	157%	156%
		1P3PD	153%	
		1P4PD	158%	
	over from 150V 400Hz to 150V 900Hz	1P2PD	164%	164%
		1P3PD	163%	
		1P4PD	165%	

Table 1, 4의 결과와 같이 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프 경우, 램프에 공급되는 전기의 전압 및 주파수를 100V-400Hz에서 150V-400Hz로 조절하여, 일정 주파수 400Hz 하에서 전압을 150% 상승시키면, 1P2PD-유전층의 휘도는 142cd에서 243cd로 약171% 상승하였다. 그리고 1P3PD-유전층의 경우, 129cd에서 229cd로 176% 상승하며, 1P4PD-유전층은 118cd에서 209cd로 177% 상승하였는데, 이들의 전체적인 평균 상승은 175% 정도이었다. 같은 방법으로 주파수를 900Hz로 일정하게 두고 전압을 100V에서 150V로 상승시키면 평균 181% 상승하였다.

그러므로 주파수가 400Hz일 때와 900Hz일 때의 차이는 불과 6% 정도에 지나지 않았다. 동일한 맥락으로 Table 1과 4의 결과를 참조하여 전압을 100V 및 150V로 일정하게 두고 주파수를 400Hz에서 900Hz로 상승시키는 경우, 휘도 변화율에 대하여 구동 전압

100V로 일정하게 두고 주파수를 400Hz에서 900Hz로 225% 상승시키면 각각의 유전층에 관련지어 휘도는 평균 164% 상승하며, 또 전압을 150V로 일정하게 두고 주파수를 400 Hz에서 900Hz로 상승시키면 휘도는 평균 170% 상승함으로써 여기에서도 6%의 근사한 차이를 확인할 수 있었다. 따라서 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프에서는 각각의 유전층에 관련지어, 전압을 일정하게 두고 주파수를 변경한 경우와 주파수를 일정하게 두고 전압을 조절한 경우에 휘도의 상승률의 차이는 12% 이하이었다.

Table 2, 4의 결과, 2PD-형광층을 가지는 EL 램프의 휘도에 관하여 상기 기술된 방법으로 기술하면, 이들은 전압을 100V에서 150V로 150% 상승시킨 경우, 주파수가 400 Hz일 때 이든 900Hz일 때 이든 평균 휘도의 상승률은 217%로 나타났으며, 주파수를 400 Hz에서 900Hz로 225% 상승시킨 경우, 전압이 100V이든 150V이든 모두 평균 휘도의 상승률은 160%이었다. 그러므로 2PD-형광층을 가지는 EL 램프에서는 각각의 유전층에 관련지어, 전압을 일정하게 두고 주파수를 변경한 경우 보다 주파수를 일정하게 두고 전압을 조절한 경우에 휘도의 상승률 차이가 57%임을 알 수 있었다.

무기 EL 램프는 형광층 및 유전층의 두께가 두꺼울 수 록 내구 수명은 길어지지만 휘도가 저하되며, 구동 전압과 주파수가 높아지면 휘도가 증가하지만 내구 수명이 단축되는 상반적인 현상이 있으므로, 전압 및 주파수의 증가에 따른 휘도의 상승률을 형광층 및 유전층의 두께 변화에 최적으로 적용시킨다면 수명 연장의 효과와 더불어 보다 더 나은 휘도의 효율을 최대화할 수 있을 것으로 기대한다.

4. 결 론

본 연구에서 교류 구동 분산형 무기 EL 램프의 보다 나은 휘도의 향상을 위하여 전기적인 효율을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 형광 잉크를 1P1PD 스크린 인쇄 기법으로 형성시킨 형광층을 가지는 EL 램프에서 주파수를 일정하게 두고 전압을 상승시킨 경우, 전압을 일정하게 두고 주파수를 변경한 경우 보다 휘도의 상승률이 12% 더 높게 나타났다.
- 2) 형광 잉크를 2PD 스크린 인쇄 기법으로 형성시킨 형광층을 갖는 EL 램프에서 전압을 일정하게 두고 주파수를 변경한 경우보다 주파수를 일정하게 두고 전압을 상승시킨 경우, 휘도의 상승률이 57% 더 높게 나타났다.
- 3) 형광층의 두께가 35 μ m인 1P1PD-형광층을 가지는 EL 램프에서 주파수를 일정하게 두고 전압을 상승시킨 경우 보다 형광층의 두께가 54 μ m인 2PD-형광층을 가지는 EL 램프에서 주파수를 일정하게 두고 전압을 상승시킨 경우 휘도의 상승률이

약 40% 더 높게 나타났다.

- 4) 스크린 인쇄 기법에 따라 구분되는 형광층을 갖는 EL 램프에서 전압 및 주파수의 변화에 따른 휘도의 상승률에 관한 자료는 EL 램프 내구 수명 연장에 활용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

1. Destriau, G. "AC electroluminescence in ZnS". *J. Chim. Phys.* **33**, pp. 537(1936).
2. Vecht, A., "Developments in electroluminescent panels", *J. Cryst. Growth*, **59**, pp. 81~97(1982).
3. Kitai, A., "Solid State Luminescence; Chapman & Hall: London", UK(1993).
4. Vecht, A., Werring, N. J., Ellis, R. and Smith, *J. F., Proc. IEEE*, **61**, pp. 902 (1973).
5. Zalm, P., Philips Res. Rep., pp. 11, 353, 417(1956).
6. Fischer, A. G., *J. Electrochem. Soc.*, **109**, pp. 1043(1962).
7. Fischer, A. G., *J. Electrochem. Soc.*, **110**, pp. 733(1963).
8. Fischer, A. G., "Electroluminescence in II-VI compounds, in Luminescence of Organic Solids", Goldberg, P., Ed., Academic Press, New York, Chap. 10(1966).