

가속시험을 통한 Electroluminescent film의 활성화 에너지 추정

김수경¹ · 형재필¹ · 오길구¹ · 임홍우¹ · 김명수² · 오근태^{2*}

¹한국기계전기전자시험연구원 ²수원대학교

Estimation of Activation Energy of Electroluminescent film by Accelerated Life Test

Su-Kyoung Kim¹ · Jae-Phil Hyung¹ · Gil-Gu Oh¹ · Hong-Woo Lim¹ · Myung-Soo Kim² · Geun-Tae Oh^{2*}

¹Korea Testing Certification, ²Suwon University

In this Study, we tested electroluminescent film to accelerate life by temperature, humidity, voltage, and frequency. We analyzed brightness data to estimate activation energy and verify it's suitability. All of the tests performed in operating condition. Because electroluminescent film is mostly degraded by fluorescent in operating condition. Two different sample groups were tested and compared to find common parameter.

Keywords: Electroluminescent film, ALT, Activation Energy, EL, Accelerated Life Test, Fluorescent, ADT Accelerated Degradation Test

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

EL film은 Electroluminescence의 한 종류로서 무기물을 사용한 평면 광원이며, 형광체 박막을 유전체 막 사이에 넣고 이 유전체 막에 교류전압을 인가하여 빛을 얻는 구조로 되어 있다.

이종찬 외(2001)의 연구는 EL소자의 발광과 흡습열화 특성을 연구하였지만 상온과 70℃ 100% R.H의 비교를 통하여 고온 다습한 환경에서 열화가 많이 된다는 결과만 얻었으며 가속시험을 통한 시험시간 절감을 위한 노력은 없었다

Vladimir et al.(2009)은 EL film에 고장모드와 고장 메커니즘, 구조에 따른 광특성을 비롯한 전기적 특성과 수명분포 및 신뢰성에 대한 전반적인 연구를 하였으나 가속시험을 위한 노력은 없었다.

또한 위 연구들에서는 주로 온도와 습도만을 주요 열화요인으로 생각하였고, 다른 열화 가능성인 전압과 주파수에 대한 부분은 고려하지 않았다.

이상욱(2003)은 EL film의 특성과 신뢰성에 대한연구를 하였다. EL film 내부에는 형광체층과 유전체층이 있는데, 형광체층과 유전체층의 두께와 조성을 변화시켜서 그 특성을 연구하였다. 신뢰성을 높이기 위해서는 전류가 낮으며, 저항이

높으며, 정전용량이 낮아야 한다고 했는데 이 연구는 구조와 소자의 변화를 통해 제품자체의 신뢰성을 높이기 위한 노력이며 가속시험을 통하여 가속성을 검증하고 시험법을 개발하려는 노력은 아니다.

이렇듯 EL film은 휴대폰키패드 백라이트, 광고판 등 유연하면서도 저렴한 광원이 필요한 영역에 다방면으로 사용되고 있으나 그 수명을 가속시험을 통해 확인하여 시험시간 절감 등의 효과를 추기한 사례는 없었다. 이에 EL film의 가속수명시험법 개발이 필요한 시점이다

본 연구는 가속수명시험법의 기본이 되는 가속시험 모수를 추정하기 위하여 EL film의 스트레스를 종류별로 인가하고 인자별 열화의 우선순위를 결정하기 위해 가속인자 별로 3수준 가속시험을 실시하여 가속성의 적합 여부를 검증하고 두 제품의 모수(온도: Ea, 습도 · 전압 · 주파수: n)를 추정하였다.

1.2 EL film의 특성 및 고장모드/메커니즘

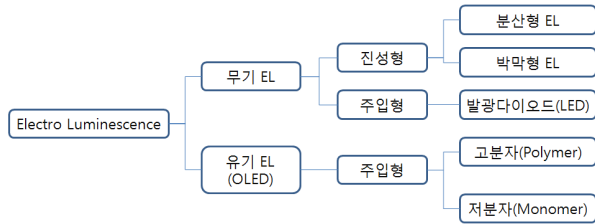
1.2.1 EL의 종류 및 특성

EL film은 electro luminescence 현상을 이용한 것으로 EL 소자는 무기 화합물을 사용하는 무기EL과 유기 화합물을 사용하는 유기 EL의 2종류가 있다. 유기 EL은 발광 원리가

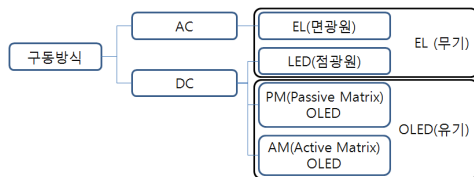
* 교신저자 gtoh@suwon.ac.kr

2014년 11월 28일 접수; 2015년 1월 17일 수정본 접수; 2015년 1월 21일 게재 확정.

LED와 유사하여 OLED(Organic LED)라 부르고 있다. 무기 EL은 발광체로서 ZnS 등의 무기물을 glass 기판에 증착하고 100~200V의 교류 전압을 가해 동작시킨다(김수경 외, 2014). <그림 1>은 재료에 따른 EL현상을 이용한 제품의 구분이며 <그림 2>는 구동방식에 따른 구분이다. 무기EL의 예는 분산형과EL과 박막형EL이 있으나 대부분 제조원가가 싼 박막형EL을 사용하고 있고, 본 연구의 대상은 무기EL의 박막형EL을 대상으로 한다.



<그림 1> Electroluminescence의 종류 및 구분



<그림 2> Electroluminescence의 구동방식

1.2.2 EL의 기본 구조 및 발광 원리

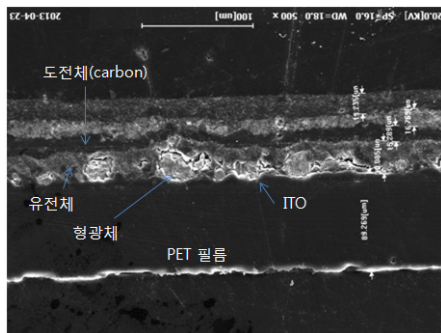
EL film의 구조는<그림 4>와 같이 형광체(ZnS: Cu)와 유전체(BaTiO₃)의 혼합물을 투명 전도막(ITO) 위에 도포하고 금속 박막/카본의 전극을 붙인 형태에 방습성 필름으로 싸여있는 구조로 되어 있다(Vladmir et al., 2009). <그림 3>은 이러한 구조를 SEM(Scanning Electron Microscope)으로 A사 제품의 단면을 실제 촬영한 모습이다.

양극과 음극의 2개 전극에 (교류) 전압을 걸면 전극으로부터 유기 막 속으로 홀(정공)과 전자가 이동하여 만나게 된다. 주입된 전자와 정공은 분자 간 호핑(hopping)을 통하여 발광층에서 재결합하며, 이러한 재결합 과정에서 형광체 분자의 전자상태가 활성화되어 여기(exited) 되며, 다시 기저상태로 되돌아가려 할 때 에너지가 방출되어 빛으로 발광하게 된다.

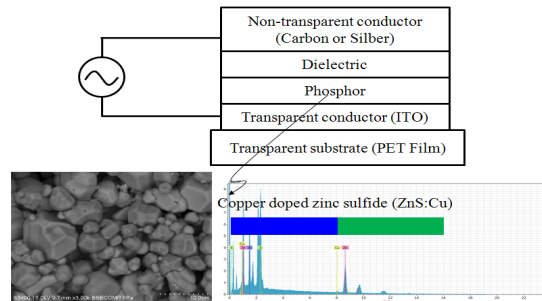
1.2.3 EL film의 고장모드/메커니즘

EL film의 고장모드/메커니즘은 원인에 따라 세분될 수 있으나, 실제 많이 일어나는 고장은<그림 5>와 같이 시간에 따른 형광체 열화와 dark spot으로 구분할 수 있다(정의효 외, 2013).

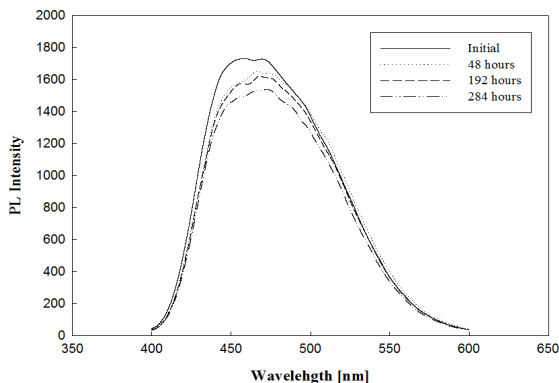
광특성저하는 형광재료의 열화에 의해 설명할 수 있는데, 반복적으로 교번하는 전하의 이동으로 형광체와 유전체 사이의 전기화학적 상호작용이 일어나며 그 분자구조가 변화하게 되는데 이때, 소광 사이트(site)라는 형태로 빛을 흡수하는 현상이 형광체 내부에서 발생하여 발광 효율이 떨어지게



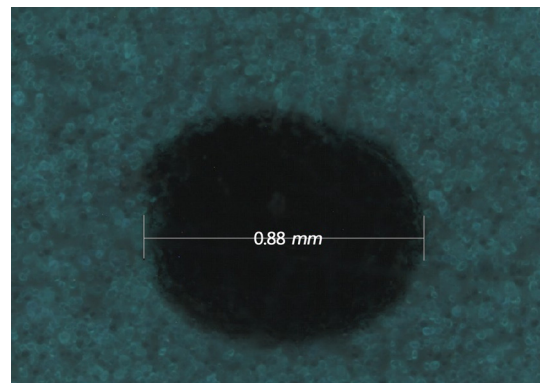
<그림 3> EL film 단면(SEM)



<그림 4> EL film의 구조





(a) 시간에 따른 형광체특성 열화



(b) Dark Spot의 예

<그림 5> EL film의 고장모드/메커니즘

<표 1> 대상 EL film Specification

항 목	A사	B사	비 고
EL film 사진			Blue Color
주요 사양	Lighting Area: 148 × 210 [mm](A5 Size) Voltage: (50~220) [Vrms] Frequency: (50~3k) [Hz] Operating Temp.: (-20~80) [°C] Operating Humidity: 90 [% R.H.] Operating Current: (1.5 ~ 2.5) [mA/Sq.in] @100 V, 400 Hz		-
휘도[cd/m ²] 평균/편차	37.4/1.84(@100 V, 400 Hz)	37.8/1.68(@100 V, 400 Hz)	n = 10

된다(Kido, 2004). 즉, 형광체의 구조변화에 인하여 전자나 정공 등의 캐리어 이동률이 저하되어 결과적으로 캐리어의 재결합효율이 떨어짐에 따라 발광 효율이 떨어지며, 경우에 따라 변색의 원인이 되기도 한다

dark spot의 경우는 수분 또는 불순물로 설명할 수 있는데, 수분이 침투하여 형광체와 반응함으로써 형광체의 구조변화 및 비발광 영역이 생성되는데 이를dark spot이라 하며, 시간의 경과에 따라 dark spot의 크기가 성장한다. 또한 불균일한 재료의 분포 또는 제조 공정 시 재료 내의 먼지 유입 등이 이러한 현상을 활성화하기도 한다(Kido, 2004).

2. EL film의 시험 설계

2.1 대상 EL film

본 논문에서 사용한 EL film은 국내 A사 및 국내 B사에서 제조하는 동일사양의 EL film을 대상으로 하였다. EL film의 색 구별을 위해 가장 많이 사용되는 형광체는 ZnS: Cu, Cl[Blue], ZnS: Cu, Al(Cl)[Green], ZnS: Mn, Cu, Al[White]으로 알려져 있다.

SEM(Scanning electron microscope)으로 단면을 분석하고 EDS(Energy-dispersive X-ray spectroscopy)를 통해 성분분석을 한 결과 EL film에서 가장 많이 사용되는 ZnS: Cu계 형광체를 사용한 것으로 파악되었으며, 형광체 및 유전체(BaTiO₃) 두께는 A사가 B사보다 두꺼운 것으로 확인되었다. <표 1>은 시료의 전체적인 스펙을 나타낸다.

2.2 EL film 스트레스 인자 및 레벨 설계

본 논문에서는 각 스트레스를 단일로 3수준 가속시험을 설계하고 가속성이 성립되는 인자를 검토하였다. 각 스트레스는 온도, 습도, 전압, 주파수인데, 각 스트레스의 첫 번째 조건은 공유하여 중복하여 시험하는 것을 막았다 다시 말해, 온도 Level 1은 습도 Level 1, 전압 Level 1, 주파수 Level 1과 같다.

이는 <표 2>에서 확인할 수 있으며, 각 레벨별로 5개의 시료를 사용하였다.

<표 2> 가속시험요인을 찾기 위한 스트레스 설계

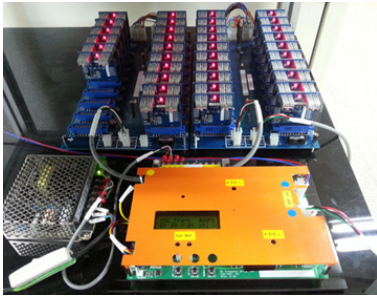
스트레스 항목	온도	습도	전압	주파수
온도 Level 01	40 °C	50%	100 V	400 Hz
온도 Level 02	60 °C	50%	100 V	400 Hz
온도 Level 03	80 °C	50%	100 V	400 Hz
습도 Level 01	40 °C	50%	100 V	400 Hz
습도 Level 02	40 °C	70%	100 V	400 Hz
습도 Level 03	40 °C	90%	100 V	400 Hz
전압 Level 01	40 °C	50%	100 V	400 Hz
전압 Level 02	40 °C	50%	140 V	400 Hz
전압 Level 03	40 °C	50%	180 V	400 Hz
주파수 Level 01	40 °C	50%	100 V	400 Hz
주파수 Level 02	40 °C	50%	100 V	1000 Hz
주파수 Level 03	40 °C	50%	100 V	1500 Hz

2.3 EL film의 구동

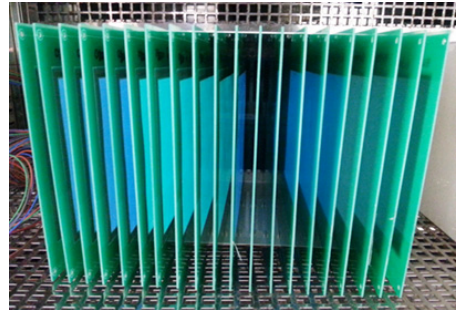
총 12개 Level 5개 시료씩 2개 제품을 구동하는 시험 설계이기 때문에 120개 가량의 시료를 구동해야 한다. 이를 개별적으로 AC 전원을 이용할 수 없으므로 별도로 설계된 지그를 통하여 구동하였다. <그림 6>은 EL film을 구동하기 위한 전원부이며 <그림 7>은 각각 개별로 챔버 내부에서 구동되는 있는 환경시험 지그의 모습이다.

2.4 광특성 재현성 확보를 위한 설비

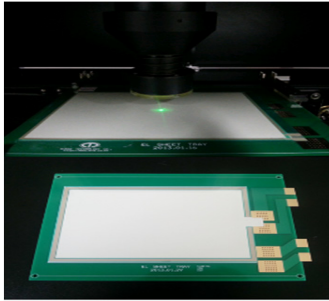
시간의 경과에 따른 각 스트레스 인자별 광특성의 저하(열화, degradation)를 파악하기 위해서는 광특성 측정의 재현성 및 반복성이 중요하다. 이에 EL film의 광특성 자동측정장비를 제작하였으며, 컨베이어 시스템을 이용하여 동일한 에이징 시간을 확보하였고, 모터를 이용해서 측정위치를 고정함으로써 측정결과와 재현성과 반복성을 확보하였다. <그림 8>은 EL film이 설치되는 PCB 트레이이며 EL film과 PCB사이



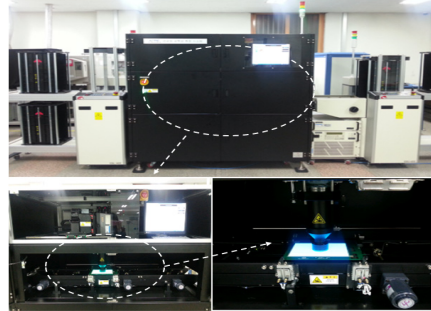
<그림 6> EL film 구동부 지그



<그림 7> 환경시험 지그



<그림 8> PCB 트레이 실장



<그림 9> 광특성 자동측정장비

에는 도전성접착제로 접착이 된다. <그림 9>은 이를 반복적이고 재현성 있게 측정할 수 있도록 하는 자동 휘도측정 장비이다. 좌측에서부터 PCB가 들어오게 되면 정해진 위치에서 휘도를 측정하고 우측PCB 실장 트레이로 배출하게 된다.

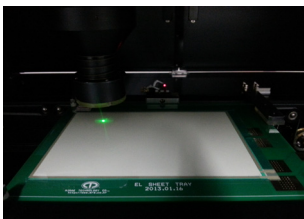
2.5 광특성 측정 포인트

광특성은 <그림 10>과 같이 5개 포인트를 차례로 측정하여 5개 포인트의 평균값을 이용하였다. 시료는 지그로 단단히 고정하도록 설계되어 있고, 각 포인트는 모터로 정밀 제어하여 측정할 수 있게 되어 있다. 각 측정위치는 <그림 10>에 레이저로 표시되어 있다.

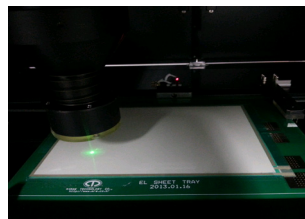
3. EL film의 시험 결과

3.1 고장시간 추정

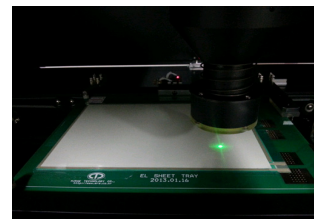
시험시간은 약500~3000시간 가량 진행되었으며, 가속조건 의 경우 열화가 충분히 진행이 되어서 일찍 시험을 중단하였고 낮은 스트레스의 경우 열화가 충분히 진행되지 않아서3000시간 가량 시험을 진행하였다. 고장판정조건은 휘도50% 열화지점을 고장으로 판정하였으며3000시간 이후에도 열화가 완료되지 않은 경우 열화곡선을 가정하여 외삽(extrapolation)을 통하여 고장시간을 추정하였다. 5개 포인트의 측정 중 휘도는 평균을 이용하여 고장시간을 판정하였다추정하는 곡선은 아래



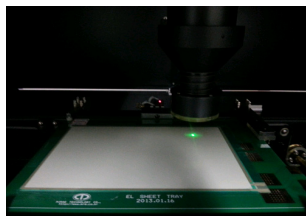
(a) Point 1



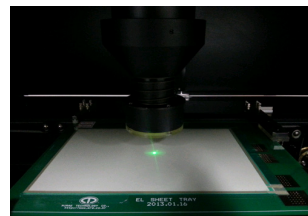
(b) Point 2



(c) Point 3



(d) Point 4



(e) Point 5

<그림 10> 광특성 측정 Point

<표 3>와 같은 6개의 모델을 통하여 고장시간을 추정하였으며 가장 적합한 열화 모형을 각각 조건에 맞게 선정하여 분석하였다 대부분 exponential 모델이 적합한 것으로 나왔으며 일부 linear 모델이 더 적합한 것으로 확인 되었다. <그림 11>은 Blue 색상의 EL film의 고장시간을 추정한 그래프로 Reliasoft社 Weibull 6++ 를 사용하여 추정한 결과이다. Blue 색상의 EL film의 경우 A사는 Linear 모델이 적합하다고 판정되었고 B사의 경우 지수 (Exponential) 모델이 적합한 것으로 판정되었다.

<표 3> 가정된 열화 곡선

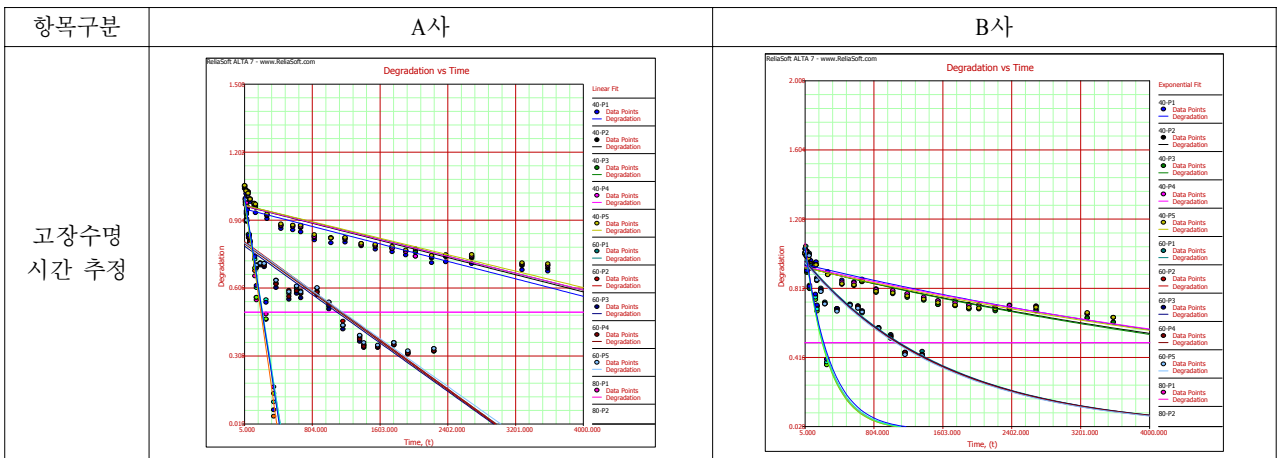
No.	모델	모델식	설명
1	Linear	$y = ax + b$	y : 열화량 x : 스트레스
2	Exponential	$y = b \exp(ax)$	
3	Power	$y = bx^a$	
4	Logarithmic	$y = a \ln(x) + b$	
5	Gompertz	$y = ab^{c^x}$	
6	Lloyd-Lipow	$y = a - b/x$	

3.2 분포 적합성 검증

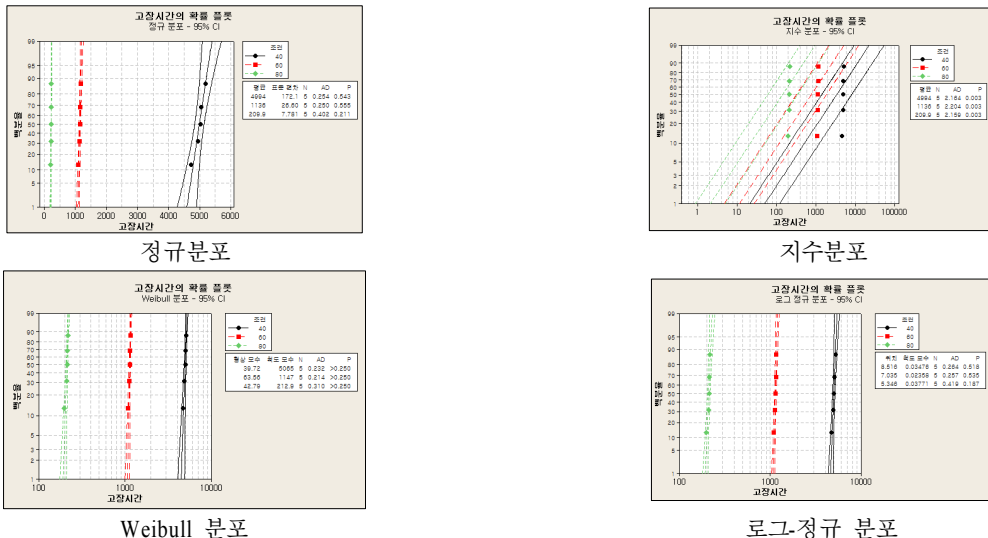
가속 수명시험에 적합한 분포를 선정하기 위하여 정규분포, Weibull 분포, 지수분포, 로그-정규 분포를 가정하여 가장 적합한 분포를 비교 검증하였고, Weibull 분포가 가장 적합한 것으로 나타났기 때문에 Weibull 분포를 수명분포로 가정하였다. <그림 12>는 Minitab 14를 이용하여 A사 Blue 색상의 그래프를 그려본 것으로 AD(Anderson Darling)값이 가장 작은 Weibull 분포가 가장 적합한 것으로 나타났다. 이는 <표 4>에 정리되어 있다.

<표 4> Anderson Darling값

분포	정규분포 (AD)	지수분포 (AD)	Weibull 분포 (AD)	로그-정규분포 (AD)
40도	0.254	2.164	0.232	0.264
60도	0.250	2.204	0.214	0.257
80도	0.402	2.159	0.310	0.419



<그림 11> 고장시간추정



<그림 12> 확률플롯

3.3 단일스트레스 결과와 모수추정

<표 5>는 시험결과를 나타낸 것이다. 가장 왼쪽은 가속 인자를 기재하였고, 시험조건에 각 시료군 별로 가속성 성립 여부와 모수를 추정하였다.

통계 툴 Minitab 14을 이용하여 유의수준 10%로 가속성을 검증하였는데, 모든 분포는 와이블 분포로 가정하여 형상 모수가 같고 척도 모수가 다르다면 가속성이 성립하는 것으로 보았다. 가속성이 성립하지 않는 경우 3조건 중 2조건만 비교하여 가속성을 다시 검증하여 가속성이 성립되는지 확인하였다. 이렇게 확인된 수명 추정치를 Reliasoft社 ALTA6++를 이용하여 온도는 아레니우스 모델, 습도·전압·주파수는 역승모델을 이용하여 모수를 추정하였다. 온도의 경우 아레니우스 모델의 활성화 에너지 Ea 값을, 습도·전압·주파수의 경우 역승모델의 n 값을 찾아내었다. 그 결과는 <표 5>에 정리되어 있다.

4. EL film 시험결과 분석

온도의 경우 추정된 모수인 활성화 에너지(Ea)는 시료의 종류에 따라 0.4 ~ 0.9 정도의 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다. Blue와 White의 경우 A사와 B사가 유사한 값이 추정 (Blue: 0.749, White: 0.4)되었으나, Green의 경우 각각 4.78, 0.9로 상이한 값이 추정되었다 이는 Green 시험 결과가 정확한 고장 추정이 이루어지지 않아서 생기는 현상이라고 판단된다. A사의 경우 가속성이 성립되는 40℃와 60℃의 결과만

으로 모수를 추정하였는데 실제 40℃의 경우 초기치 대비 70% 정도만 열화된 결과를 통해 추정을 하다 보니 정확한 수명 추정이 이루어지지 않은 것으로 보이며 추정된 모수도 상대적으로 높은 4.7 정도의 값을 가지는 것으로 보인다. 따라서 Green 제품에 대한 추가적인 시험을 시행하여 정확한 모수의 추정이 필요할 것으로 판단된다.

전압의 경우도 추정된 모수 n이 1.8 ~ 3.6 사이의 값을 가지는 것으로 나타났는데 B사의 Blue 모델의 추정값은 온도 조건의 Green과 마찬가지로 충분한 데이터를 확보하지 못해 부정확한 모수가 추정된 것으로 판단된다. 따라서 n=1.8~2.4 범위의 값을 가지는 것으로 판단되며, 온도 조건과 달리 색상 별로 추정 모수 값이 구분되는 것이 아니라 같은 회사의 제품일 경우 색상과 상관없이 유사한 모수 추정 값을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 온도 가속의 경우 형광체의 열화에 기인한 열화로 제조사가 달라지더라도 유사한 모수 추정 값이 도출되었지만, 전압 가속의 경우 형광체 열화뿐만 아니라 제조공정상 구조적인 차이에 인한 결과로 추측된다

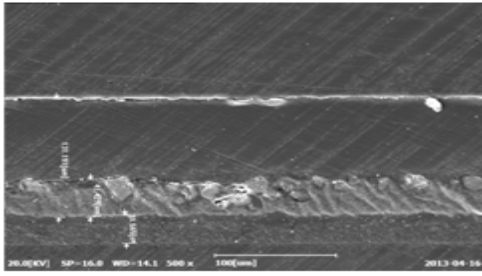
<그림 13>을 보면 이에 대하여 이해할 수 있다. A사의 SEM 사진을 보면 형광체/유전체 층의 크기가 B사보다 다소 크다는 것을 알 수 있다.

$$\text{정전용량 } C = \text{유전율} \epsilon \frac{\text{면적 } A}{\text{거리 } l} (F) \quad (1)$$

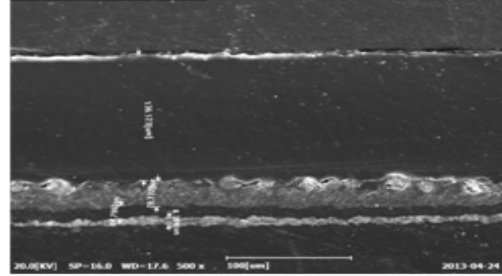
식 (1)에서 보면, 정전용량은 거리가 짧을수록 커진다. 다른 조건은 유사한데 B사의 제품이 A사에 비하여 유전체와 형광체 층이 더 얇은 구조를 가지고 있는 점에서 정전용량이 더

<표 5> 스트레스별 가속성 성립 여부와 모수 추정치

가속인자	시험조건	시료구분	A사		B사	
			가속성 성립 여부 (유의수준 10%)	모수추정치 (온도: Ea 습도, 전압, 주파수: n)	가속성 성립 여부 (유의수준 10%)	모수추정치 (온도: Ea 습도, 전압, 주파수: n)
온도 (아레니우스)	40℃, 60℃, 80℃ 50% R.H., 100 V, 400 Hz	Blue	$\beta_{40도} = \beta_{60도} = \beta_{80도}$	0.7490	$\beta_{40도} = \beta_{60도} = \beta_{80도}$	0.7497
		Green	$\beta_{40도} = \beta_{60도} \neq \beta_{80도}$	4.7866	$\beta_{40도} \neq \beta_{60도} = \beta_{80도}$	0.9018
		White	$\beta_{40도} \neq \beta_{60도} = \beta_{80도}$	0.4044	$\beta_{40도} = \beta_{60도} \neq \beta_{80도}$	0.4073
습도 (역승)	40℃ 50% R.H, 70% R.H., 90% R.H 100 V, 400 Hz	Blue	$\beta_{50\%} = \beta_{70\%} = \beta_{90\%}$	-0.4690	$\beta_{50\%} = \beta_{70\%} = \beta_{90\%}$	2.2127
		Green	$\beta_{50\%} = \beta_{70\%} = \beta_{90\%}$	-0.5024	$\beta_{50\%} = \beta_{90\%} \neq \beta_{70\%}$	0.0890
		White	$\beta_{50\%} \neq \beta_{70\%} \neq \beta_{90\%}$	-	$\beta_{50\%} = \beta_{70\%} = \beta_{90\%}$	-0.4753
전압 (역승)	40℃ 50% R.H 100 V, 140 V, 180 V 400 Hz	Blue	$\beta_{100} = \beta_{140} \neq \beta_{180}$	1.9283	$\beta_{100} = \beta_{140} = \beta_{180}$	3.5901
		Green	$\beta_{100} = \beta_{140} \neq \beta_{180}$	1.8708	$\beta_{100} \neq \beta_{140} = \beta_{180}$	2.2311
		White	$\beta_{100} \neq \beta_{140} = \beta_{180}$	2.4191	$\beta_{100} = \beta_{140} = \beta_{180}$	2.2280
주파수 (역승)	40℃ 50% R.H 100 V 400 Hz, 1 kHz, 1.5 kHz	Blue	$\beta_{400} = \beta_{1000} = \beta_{1500}$	-0.0947	$\beta_{400} = \beta_{1000} = \beta_{1500}$	0.4902
		Green	$\beta_{400} = \beta_{1000} \neq \beta_{1500}$	-0.0830	$\beta_{400} = \beta_{1000} = \beta_{1500}$	0.3019
		White	$\beta_{400} \neq \beta_{1000} = \beta_{1500}$	-0.4014	$\beta_{400} = \beta_{1000} = \beta_{1500}$	0.0613



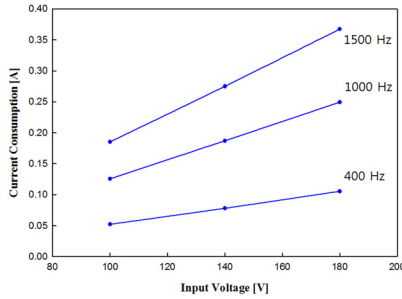
(a) A사: 41.4 μ m



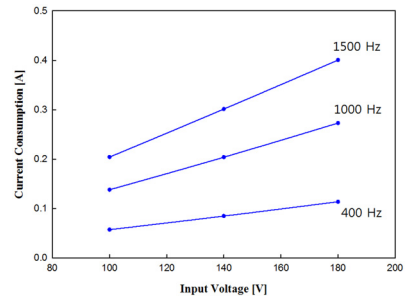
(b) B사: 28.1 μ m

<그림 13> EL film 단면 구조(형광체 + 유전체 두께) [μ m]

입력[Vrms, Arms]
VS
전압[V], 주파수

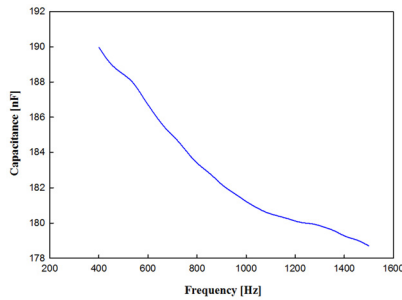


(a) A사 전류 특성

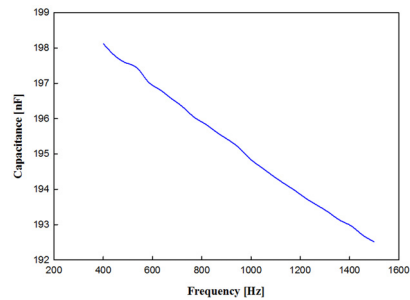


(b) B사 전류 특성

정전용량[nF]
VS
주파수[F]



(c) A사 정전용량 특성



(d) B사 정전용량 특성

<그림 14> 전류와 정전용량 특성

큰 것을 유추할 수 있다. 정전용량이 B사의 제품이 더 크다면, B의 제품에 동일 주파수와 전압이 인가되었을 시에 동일 조건보다 더 큰 전류가 흐를 것이라는 것도 추정할 수 있다. 아래 <그림 14>를 보면 동일 입력전압 및 주파수일 때 B사의 전류가 더 큰 것을 확인할 수 있고, 동일 주파수 일 때도 정전용량이 더 큰 것을 확인할 수 있다.

100 V 400 Hz의 정격 전압을 인가하였을 때에는 유사한 휘도를 지니고 있었지만(<표 1> A사 37.4 / B사 37.8), 전압에 인한 열화는 구조상으로 더 얇은 구조를 지닌 B사의 제품의 경우 상대적으로 더 많은 전류가 흐르고 그로 인한 형광체 또는 유전체의 열화가 더욱 가속되었음을 추정할 수 있다. 이와 같이 전압의 경우 제조사 별로 차이가 나는 두께와 같은 구조적인 문제에 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

습도와 주파수의 경우 가속성이 미미하거나 일관성 없는 활성화 에너지 값이 확인되어 가속시험에 적합하지 않음을 알 수 있었다. 다만 주파수의 경우 B사의 제품이 더 높은 값을

지니 정전용량이 높은 B사의 제품이 주파수에 따라 더 많은 전류가 흘러 더 많이 열화가 진행되었음을 확인할 수 있다.

따라서 제품의 구조가 변경되었을 시에는 전압에 대한 가속시험을 비교해 보는 것이 적합할 것으로 보이며, EL film의 범용적인 가속 시험법으로는 온도가속이 가장 적합한 것으로 판단된다.

5. 결론

EL film에 대해 온도, 습도, 전압, 주파수 4가지 요인에 대해 각각 3개의 Level로 가속성시험 여부를 확인하는 시험을 시행하였으며, 온도, 전압에는 가속성을 가지고 있지만, 습도 및 주파수에는 가속이 되지 않거나 아주 미미한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 색상별, 제조사별 요소에 대한 영향성을 Minitab을 통해 분석해본 결과 온도와 전압이 휘도 열화에

가장 영향이 큰 요소임을 확인할 수 있었으며 습도 및 주파수는 그 영향이 미미한 것을 확인할 수 있었다. 전압과 주파수의 경우 유전체의 두께로 인해 열화 수준에 따라 제조사 별로 차이가 있음을 알 수 있었다. 결과적으로 EL film의 범용적인 가속 시험법으로서 온도 가속 시험이 가장 적합한 시험으로 생각되며, 제품두께 또는 구조가 변경되었을 시에 전압을 통한 가속시험을 통하여 수명을 검증하거나 비교 시험하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

온도 가속의 Green 제품과 같이 부정확한 데이터가 얻어진 부분들을 다시 한 번 검토하고 보완할 필요가 있다. 또한, 유사한 구조를 지니고 있는 OLED도 이러한 구조적인 문제로 인해 유사한 문제가 발생할 수 있는지도 추가적인 연구가 필요하다. 또한 EL film에 대해 색상별로 가속시험 모수를 제시함으로써 추후 기준 제정 시 또는 자체 제품 Test 시 시험 시간과 비용절감 효과가 기대된다.

참고문헌

- [1] 김수경 · 이창훈 · 임홍우 · 김명수 · 오근태 (2013), Electroluminescent film의 가속 스트레스 인자에 따른 광특성 변화 신뢰성학회 춘계학술대회 논문집, pp. 17-24.
- [2] 김수경 · 형재필 · 임홍우 · 김명수 · 오근태 (2014), Electroluminescent film의 가속시험 활성화 에너지 추정, 신뢰성학회 춘계학술대회 논문집.
- [3] 신경철 · 박양수 · 문태정 · 임준우 · 김태훈 (2011), 디스플레이 개론, 광문각.
- [4] 이상욱 (2003), 고휘도 교류구동 후막 무기 EL소자의 특성과 신뢰성에 대한 연구, 동국대학교 대학원.
- [5] 이종찬 · 박대회 (2011), 후막 EL 소자의 발광과 흡수 열화 특성, 대한전기학회 하계학술대회 논문집 C, 2001.7, pp. 1352-1354.
- [6] 정의효 · 김수경 · 이창훈 · 반정현 (2013), Electroluminescent film의 가속스트레스 인자에 의한 다크스팟 고장 연구, 신뢰성학회 춘계학술대회 논문집, pp. 371-378.
- [7] Kido Junzi (2004), 유기EL, 광문각.
- [8] Vladimir Vlaskin Svetlana Vlaskina, Leonid Berezhinsky, Georgiy Svehikov (2009), Reliability of AC thick-film electroluminescent lamps, Semiconductor Physics, *Quantum Electronics and Optoelectronics*, Vol. 12, No. 2. pp. 173-177.