신뢰성응용연구
제16권, 제4호. pp.356-363, 2016

핫플레이트를 이용한 OLED의 휘도열화특성 분석

김윤철[1] · 이득중[2] · 장중순[1†]

[1]아주대학교 산업공학과, [2]LG display 품질센터

Analysis of Luminance Degradation characteristics of OLED using the Hotplate

Yun-Cheol Kim[1] · Duek-Jung Lee[2] · Joong-Soon Jang[1†]

[1]Department of Industrial Engineering, Ajou University
[2]Quality Center, LG display

Purpose: The purpose of this study is to propose efficiency of equipment testing the luminance degradation of OLED.
Methods: The degradation model of Exponential model and Stretched exponential model is analyzed by goodness of fit test using calculated R-square. The degradation model having the higher R-square is finally selected. Scale parameter and Shape parameter using the selected degradation model is estimated. The activation energy and current density n using peck model among the accelerated model is estimated. the estimated parameters are analyzed by t-test.
Results: The results of t-test show that the estimated parameters on chamber and hotplate are equal statistically. we can know the similarity of the luminance degradation rate and degradation pattern on chamber and hotplate.
Conclusion: The result of the degradation test on chamber and hotplate is similar. when the accelerated degradation test on the panel of the OLED TV is performed, hotplate is requiring less samples, time and cost than chamber. so the accelerated degradation test on the panel of the OLED TV using the hoplate is efficient of time and cost.

Keywords: OLED TV Panel, Chamber, Hotplate, Luminance Degradation Rate

1. 서 론

최근에는 자체발광, 고속응답, 광시야각, 초박형, 고화질 등의 장점을 가지고 있는 OLED(Organic Light Emitting Diode)를 TV제품에 적용하여 출시하면서 OLED가 디스플레이 장치로써 많은 각광을 받고 있다[1-2]. 하지만 OLED는 소자 자체가 발광하면서 열화가 되기 때문에 다른 디스플레이에 비해 열화속도가 빠르고, 수명이 짧은 특징이 있다. 따라서 OLED 수명을 파악할 수 있는 OLED 수명분석 프로세스의 중요성이 더욱 커지고 있다.

OLED 신뢰성과 수명을 예측하기 위한 가속수명시험은 제품의 고신뢰도 설계로 인해서 오랜 시간동안 시험을 수행하더라도 규정된 시험시간동안 고장이

† 교신저자 jsjang@ajou.ac.kr
2016년 11월 22일 접수; 2016년 12월 16일 수정본 접수; 2016년 12월 23일 게재 확정.

발생하지 않을 수도 있다. 그렇다고 더 가혹한 스트레스를 가해주면 다른 고장 메커니즘이 발생하기 때문에 신뢰성 및 수명을 예측하는 데 문제가 발생할 것이다. 이러한 단점을 보완하기 위해서는 제품의 특성치를 촉진하는 스트레스를 가속하여 시험을 실시하고 정해진 시점마다 열화량을 측정하여 수명을 예측하는 가속열화시험을 수행해야 한다[3-4]. 이 시험은 시간에 따른 열화량을 열화모형을 이용하여 열화곡선과 모수를 추정하여 수명을 예측한다. 특히, 가속열화시험으로 얻은 열화데이터로부터 보다 정확한 수명을 추정하기 위해서는 열화패턴에 적합한 열화모형을 선정하는 것이 중요하다[5]. 또한 제품이 고장을 일으키는 원인과 그 원인에 대한 스트레스 인자를 규명하는 것도 중요하다.

OLED의 열화에는 유기물의 자기발열에 의한 열적 스트레스와 외부의 열로 인한 유기물의 변형이 있고, 이런 열화과정은 열에 가장 큰 영향을 미친다[6]. 따라서 OLED에 온도조건을 반영한 열화시험이 많이 이루어지고 있다. 그 연구의 내용은 다음과 같다.

이미경 외[7]는 OLED에 고온과 상온의 온도범위에서 온도변화를 시키는 시험을 수행하였으며, 이성규[6]는 고온의 환경조건에 보존과 동작을 하면서 열화시험을 하였다. Sugimoto *et al.*[8]는 OLED 패널에 전류밀도와 온도의 혼합조건으로 시험을 하였고, Ishii, Taga[9]는 OLED에 온도와 전류의 조건으로 휘도를 열화하였다.

이처럼 OLED에 온도조건으로 열화시험을 해서 OLED 열화패턴을 파악할 때는 OLED 패널 내에서 동일한 온도관리가 중요하다. OLED 패널 내에 온도

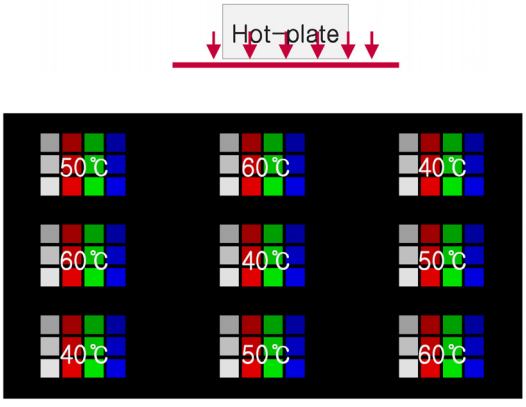

Fig.1 Hotplate test screen

의 산포가 작을수록 OLED 패널 전체가 동일한 온도조건으로 열화가 진행된다. 즉, OLED 패널 전체가 균일한 온도조건으로 열화가 되면 OLED의 열화패턴을 정확하게 파악할 수 있다.

챔버를 이용해서 OLED에 온도시험을 하면 열을 전달하는 매개체가 공기이기 때문에 OLED 패널에 가해지는 열(온도)이 위치별로 차이가 발생한다. 그리고 OLED 패널의 구동온도에 의해 표면에 열이 전달되어서 설정한 온도조건보다 온도가 올라가는 현상이 발생한다. 이러한 현상은 OLED 실제 표면에 설정한 온도조건을 정확히 반영하기 힘들고, OLED 패널의 위치별로 온도 차이를 발생시킨다. 이에 비해 핫플레이트는 <Fig. 1>과 같이 OLED 패널에 핫플레이트를 부착하고 설정된 온도조건으로 시험을 할 수 있다. 핫플레이트는 한 패널에 하나의 온도조건으로 시험을 하는 챔버와 달리 <Fig. 1>과 같이 패널 내에 위치별로 다른 온도조건으로 시험을 할 수 있다. 따라서 핫플레이트를 이용해서 OLED 패널에 온도시험을 하면 핫플레이트의 표면온도가 OLED 패널의 표면에 그대로 반영되어 온도관리가 용이하고 시료수도 줄일 수 있다.

OLED는 신기술이므로 수율이 좋지 못한 특징이 있어서 시료를 확보하는 데 어려움이 있고, 온도조건으로 시험을 할 경우 일정한 온도를 가해주어야 한다. 그리고 일반적으로 온도시험은 열을 전달하는 매개체가 공기이면서 부품이나 장비에 전반적으로 열화시키는 챔버를 사용하고 있다. 챔버는 패널의 위치별로 온도 차이가 존재하고, 한 시료를 하나의 온도 조건으로 시험을 하기 때문에 많은 시료가 필요한 한계점이 발생한다. 이에 비해 핫플레이트는 패널의 표면에 설정한 온도조건만큼 열을 가할 수 있고, 한 패널에 여러 조건의 시험이 가능해서 시료를 줄일 수 있다. 그래서 챔버의 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 동일한 조건으로 챔버와 핫플레이트 간의 휘도열화 특성을 분석해보는 연구가 필요하다. 그리고 챔버와 핫플레이트 간의 휘도열화 특성이 유사하다면 핫플레이트를 이용하는 것이 온도관리와 경제적인 측면에서 효율적일 것이다.

본 연구에서는 이러한 한계점을 해결하기 위해서 동일한 시험조건으로 챔버와 핫플레이트로 시험해서 얻은 데이터로 형상모수, 척도모수, 활성화에너지와 전류밀도 상수를 비교해보고 두 시험기기간의 차이

를 분석하고자 한다. 따라서 연구조사를 통하여 열화 데이터를 기존의 지수형 열화모형과 기존의 지수형 열화모형에 형상모수를 적용한 Stretched exponential 모형에 적용하였다. 그 다음으로 이 두 열화모형으로 각각 결정계수를 구해서 모형의 적합성을 검증하였고, 형상모수와 척도모수도 비교하였다. 그 후에는 온도와 전류를 가속인자로 하는 온도-전류 가속모형인 Peck모형에 적용하여 활성화에너지와 전류밀도 상수를 비교하였다. 그 결과, 챔버와 핫플레이트의 시험기기 간에 OLED 휘도 열화특성의 차이를 분석하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제2.1절에서는 열화시험의 분석 절차를 제시하였으며, 제2.2절~제2.4절에서는 열화시험의 계획 및 열화모형, 가속모형의 선정에 대해서 제시하였다. 제2.5절에서는 챔버와 핫플레이트에서 시험한 열화 데이터에서 각각 추정된 모수들을 해석하였고, 제3절에서는 결론을 제시하였다.

2. OLED의 구조 및 발광원리

OLED는 자체 발광형 소자로서 빛을 내는 층이 유기물질로 구성되어있고, 이 유기물질에 의해서 빛의 색깔이 달라진다. 그리고 빨강, 파랑, 초록, 흰색의 빛이 자체발광하기 때문에 빛의 표현범위가 넓다. 또한 백라이트가 필요가 없기 때문에 원형, 플렉서블(Flexible) 등 다양한 형태의 디자인을 구현할 수 있고, 고속응답, 광시야각, 초박형, 고화질 등의 장점을 가지고 있다.

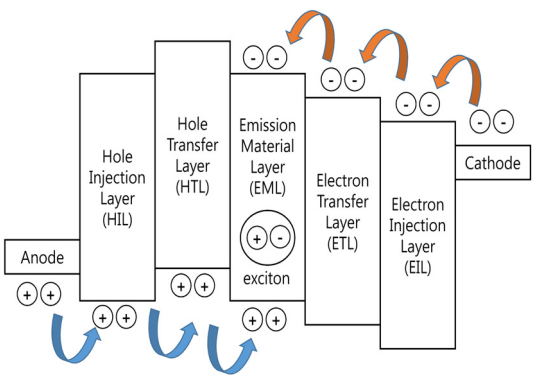

Fig. 2 Emission principle of OLED

OLED는 다층 박막층으로 이루어져있으며, <Fig. 2>와 같이 전자주입층(EIL), 전자수소층(ETL), 발광층(EML), 정공수송층(HTL), 정공주입층(HIL)으로 구성되어 있다. OLED에 전기가 공급되면 음극에서는 전자가 양극에서는 정공이 주입되어 발광층(EML)까지 이동하게 된다. 정공주입층(HIL)과 정공수송층(HTL)은 음극에서 주입된 전자가 발광층(EML)까지 잘 전달될 수 있도록 하고, 전자수송층(ETL)과 전자주입층(EIL)은 정공이 발광층(EML)까지 잘 전달될 수 있도록 한다. 이처럼 두 전극에서 주입된 전자와 전공은 발광층에서 재결합이 되어 여기자(Exicition)를 형성하고, 여기자가 불안정한 높은 에너지 상태에서 안정한 상태로 돌아오면서 발생한 에너지 준위 차이만큼 광 에너지로 방출하게 된다. 이러한 광 에너지는 OLED를 발광하게 한다[10].

3. 핫플레이트를 이용한 시험법

핫플레이트를 이용한 시험은<Fig. 1>과 같이 시험대상에 핫플레이트를 붙여서 시험이 이루어진다. 이처럼 핫플레이트 시험은 시험 대상의 크기가 클수록 시험 대상에 핫플레이트를 부착시켜서 시험이 이루어질 수 있기 때문에 시료수를 절약시킬 수 있는 효과가 있다. 이러한 핫플레이트 시험은 시험 대상의 표면을 가속시키는 특징이 있기 때문에 시험 대상의 표면을 온도로 가속시켜 특성치를 열화하는 시험에 적합하다. 하지만 핫플레이트 시험은 시험 대상의 표면을 가속시키기 때문에 시험 대상의 모든 부분을 가속하는 시험에는 적합하지 않다.

본 연구는OLED TV 패널의 표면에 있는 소자를 열화시키는 시험하기 때문에 챔버 시험뿐만 아니라 핫플레이트 시험도 가능하다. 그러므로 OLED TV 패널을 챔버와 핫플레이트로 각각 시험하여 OLED의 휘도열화특성을 분석하고자 한다.

4. OLED 열화시험

4.1 열화 시험의 분석 절차

핫플레이트와 챔버 간의OLED 열화패턴을 분석하는 절차는<Fig. 3>와 같이 총 5단계로 구성된다.

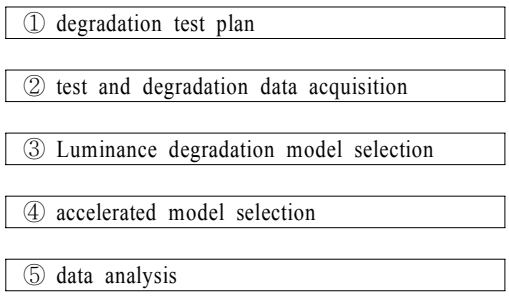

Fig. 3 Analysis process of degradation test

4.2 열화 시험의 계획

OLED 패널의 가속열화시험 계획에서 고려된 시험 대상, 고장판정기준, 가속스트레스, 시험장비, 시험기간, 시료수와 온도설정에 대하여 설명한다.

■ 시험 대상

가속열화시험 대상으로는 OLED의 휘도열화패턴을 분석하기 위해서 OLED TV 패널을 선정하였다.

■ 고장판정기준

휘도가 초기치 대비 50%까지 열화되는 시점을 OLED 패널의 고장판정기준으로 설정하였다[11].

■ 가속스트레스

OLED의 열화에 가장 큰 영향을 미치는 스트레스는 온도이다. 또한, 전류를 인가한 상태에서의 고온시험은 휘도를 더 빠르게 열화시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 전류를 인가한 상태에서 사용조건보다 온도를 가혹하게 설정하고 고온 동작 가속열화시험을 실시하였다. 해당 시료에 전류밀도는 14, 21(mA/cm^2)로 설정하였고, 시험온도로는 챔버는 50℃, 핫플레이트는<Table 1>와 같이 설정하였다.

■ 측정시점

OLED TV 패널의 휘도 열화패턴을 파악하기 위해서 0, 216, 408, 552시간에 휘도를 측정하였다.

■ 시험기간과 시료수

시험기간은 552시간동안 시험을 하여 OLED의 휘도열화패턴을 확인하였다. 시험조건으로는 White, Red, Blue에 전류밀도 14, 21(mA/cm^2)별로 9가지 온도조건을 가진다. 또한 핫플레이트 시험의 시료수는<Fig. 1>과 같이 적용하여 OLED TV 패널을 2개를 배치하였고, 챔버 시험의 시료수는 전류밀도 14, 21(mA/cm^2)별로 9번씩 시험하여 18개를 배치하였다.

■ 온도 설정

챔버와 핫플레이트의 시험을 비교하기 위해서는 서로 온도조건이 동일해야한다. 하지만 핫플레이트는 패널 표면에 설정된 온도조건만큼 열을 가할 수 있지만, 챔버는 패널의 구동온도에 의해 표면에 열이 전달되어서 설정한 온도조건보다 온도가 올라가는 현상이 있었다. 이러한 현상을 보완하기 위해서 본시험에 앞서 예비시험으로 챔버에 50℃를 기준으로 9번 시험을 하고, 각 시험마다 패널의 온도를 측정하였다. 측정한 온도는<Table 1>처럼 평균, 최저값, 최대값을 기록하였다. <Table 1>과 같이 측정한 패널의 온도에서 최대값 중 큰 값 3개, 최소값 중 작은 값 3개, 평균값 중 중간값 3개를 선정해서 <Table 2>와 같이 본시험에서 핫플레이트의 온도조건으로 정했다. 예비시험을 통해 챔버와 핫플레이트의 온도조건을 유사하게 설정하였다.

Table 1 Temp. condition of chamber

no.	avg.	min	max
1	53.6	49.6	60.7
2	56.1	51.7	62.7
3	53.7	48.6	60.7
4	51.5	47.2	58.2
5	53.5	48.9	60.3
6	52.5	47.9	59.1
7	51.3	47.1	57.7
8	51.3	46.6	57.9
9	51.4	47.1	57.4

Table 2 Temp. condition of hotplate

no.	hotplate test temp.
1	47.1
2	46.6
3	47.1
4	51.5
5	53.5
6	52.5
7	60.7
8	62.7
9	60.7

4.3 휘도 열화모형의 선정

열화시험은 각 조건별로 552시간 동안 OLED의 휘도를 열화시켰고, 휘도가 초기 휘도대비 50%까지 열화된 시점을 고장판정기준으로 설정하였다[11]. 이러한 열화시험으로부터 휘도열화패턴을 파악하기 위해서는 열화모형을 설정해야 한다. 기존의 지수형 열화모형과 기존의 지수형 열화모형에 형상모수 β를 결합한 Stretched exponential 열화모형 중에서 휘도 열화에 더 적합한 모형을 알아보았다. 각 시험조건별 휘도열화데이터를 각 열화모형에 적용하여 회귀분석을 수행하였다. 회귀분석으로 R-square값을 구하고, 2 샘플 t-검정으로 두 모형 중 R-square값이 큰 모형을 분석하였다. 그 결과, Stretched exponential 열화모형이 더 뛰어난 R-square값을 가졌고 더 적합한 모형임을 알 수 있었다. 그리고 OLED 열화시험의 경우에는 휘도 열화데이터를 Stretched exponential 열화모형에 대부분 적용하고 있다[12]. 또한 Stretched exponential 열화모형은 열화속도와 수명뿐만 아니라 열화형태도 알 수 있다[5].

$$P = P_0 \exp(\alpha t^{\beta}) \qquad (1)$$

- P : 휘도
- P_0 : 초기 휘도
- α : 열화 커브의 척도모수(열화의 속도)
- β : 열화 커브의 형상모수(열화의 형태)
- t : 동작시간

여기서 휘도유지율 P/P_0와 동작시간 t의 관계는 식 (2)와 같다. Stretched exponential 함수에서 ln함수를 2번 취하면 그래프가 선형으로 변환이 된다. 즉, y축은 휘도유지율, x축은 동작시간을 가지는 직선의 그래프를 그릴 수 있으며, 회귀분석으로 척도모수인 α와 형상모수인 β을 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln(-\ln(\frac{P}{P_0})) &= \ln(-\alpha t^{\beta}) \\ &= \ln(-\alpha) + \beta \ln(t) \end{aligned} \qquad (2)$$

이 열화모형에서는 추정된 척도모수 값이 작을수록 그래프가 급속하게 가파르므로 전체 열화속도가 빠르며, 형상모수 값도 작을수록 초기 기울기가 가파르다. 그리고 형상모수는 열화의 형태를 표현하기 때문에 가속열화시험을 수행할 때에 가속조건별 고장메커니즘을 확인할 수 있다. 즉, 가속조건별로 형상모수의 값이 동일하면 각 조건별로 동일한 고장메커니즘으로 열화가 되었다는 것을 나타낸다. 형상모수가 동일할 경우에는 척도모수를 비교하여 열화의 속도도 동시에 판단할 수 있다[5].

4.4 가속모형의 선정

OLED TV 패널의 표면에 온도와 전류를 가속인자로 하는 수명-스트레스 관계식 중에서 온도-전류모델인 peck 모형에 적용하고자 한다. 본 연구에서는OLED의 수명분포를 와이블로 가정하였고, 수명, 온도와 전류 사이의 관계식은 식 (3)과 같다.

$$L = \alpha \cdot e^{\frac{Ea}{k \cdot T}} \cdot I^{n} \qquad (3)$$

- α : 재료와 시험조건에 따른 상수
- k : Boltzmann 상수($8.6171 \times 10^{-5} eV/K$)
- Ea : 활성화 에너지
- T : 절대온도 (섭씨온도+273.16)
- I : 전류밀도
- n : 전류밀도 상수

이 수명-스트레스 관계식에서 활성화 에너지는 물질에서 반응이 일어나기위해 필요한 최소한의 에너지로서 온도와 반응속도에 비례한다. 그러므로 활성화 에너지는 제품의 반응속도나 열화속도에 영향을 미치고, 같은 스트레스 수준에서 활성화 에너지 값이 같다면 각 제품에서 열화되는 반응속도나 열화속도가 동일하다고 판단할 수 있다. 또한 전류밀도 상수는 전류밀도를 거듭제곱을 하므로 수명과 스트레스관계에서 사용조건의 환경으로 외삽한 수명값에 영향을 미친다. 즉, 챔버와 핫플레이트 간의 전류밀도 상수값이 동일하면 같은 스트레스로 추정한 수명값은 유사하게 나타난다. 따라서 사용조건에서 유사한 수명값을 갖기 위해서는 챔버와 핫플레이트 간의 전류밀도 상수값이 동일한지 검증해야 한다.

4.5 열화 데이터 분석

4.5.1 열화율 동일성 검정

열화시험은 각 조건별로 약 552시간 동안 OLED 휘

도를 열화시켰고, 휘도가 초기 휘도대비 50%까지 열화된 시점을 고장판정기준으로 설정했다[11]. 핫플레이트와 챔버의 열화율 동일성 검정을 하기 위해서는 열화모형을 설정해야한다. 앞에서 제안한 Stretched exponential 열화모형인 식(1)과 기존의 지수형 열화모형에서 각 조건별로 회귀분석으로 R-square값을 구해서 2샘플 t-검정으로 두 모형 중 R-square값이 큰 모형을 알아보았다. 그 결과, Stretched exponential 열화모형이 더 뛰어난 R-square값을 가졌고 더 적합한 모형임을 알 수 있었다. Stretched exponential 함수에서 ln함수를 2번 취해서 변환한 선형 식인 식(2)에 선형회귀분석을 수행하여 형상모수와 척도모수를 추정하였다.

챔버와 핫플레이트 간의 열화율 동일성을 검정하기 위해서는 챔버와 핫플레이트에서 시험한 데이터를 선정한 열화모형인 Stretched exponential에 적용시켜 형상모수와 척도모수를 추정하였다. 추정한 형상모수와 척도모수에 2 샘플 t-검정으로 챔버와 핫플레이트 간의 형상모수와 척도모수가 각각 동일한지 검정하였다.

Table 3 The result of 2 sample t-test

t-test		W-14	W-21	R-14	R-21	B-14	B-21
P-value	β	0.666	0.258	0.070	0.210	0.025	0.208
		equal	equal	equal	equal	unequal	equal
	α	0.283	0.932	0.254	0.152	0.037	0.08
		equal	equal	equal	equal	unequal	equal

Table 5 The result of 2 sample t-test after data cleansing

	t-test		B-14
after data cleansing	P-value	β	0.099
			equal
		α	0.059
			equal

2 샘플t-검정 결과로는Blue 소자에 전류밀도14mA/cm^{2}의 조건을 제외하고는 모든 조건에서 챔버와 핫플레이트 간의 형상모수와 척도모수가 각각 동일함을 알 수 있었다. Blue 소자에 전류밀도 14mA/cm^{2}의 조건에서도 대부분 열화곡선이 비슷했지만 핫플레이트와 챔버에서 각각 열화가 많이 이루어지지 않은 부분이 있었다. 이러한 시험 이상치를 데이터 클린징을 하고 다시2 샘플 t-검정을 수행한 결과로는 형상모수와 척도모수가 각각 동일하였다.

OLED TV 패널의 표면에 온도조건으로 챔버와 핫플레이트에서 가속열화시험을 수행하면 고장메커니즘이 동일하고, 휘도열화율과 열화속도가 유사함을 알 수 있었다.

4.5.2 가속모형의 모수 동일성 검정

OLED TV 패널을 열화시험하여 얻은 데이터를 Stretched exponential 열화모형에 적용하였다. 이때 휘도가 초기 휘도 대비 50%까지 열화된 시점을 고장판정기준

Table 4 The Example of the estimated parameter on Stretched exponential model for red

	Color	R	R		Color	R	R
	Current density	14	21		Current density	14	21
Chamber/Hotplate	ID / location	R-14-a	R-21-a	Chamber/Hotplate	ID / location	R-14-b	R-21-b
C	1	-0.00000001235	-0.00001600	C	1	2.4963326	1.5564542
C	2	-0.00000001529	-0.00000761	C	2	2.4568806	1.6761527
	⋮				⋮		
C	8	-0.00000000318	-0.00000173	C	8	2.7093429	1.9303888
C	9	-0.00000000002	-0.00000111	C	9	3.4752353	1.9692275
H	1	-0.00000747121	-0.00004183	H	1	1.4450051	1.3390783
H	2	-0.00000000006	-0.00001402	H	2	3.2737245	1.4961548
	⋮				⋮		
H	8	-0.00000000007	-0.00000072	H	8	3.3135439	2.0671470
H	9	-0.00000000467	-0.00000426	H	9	2.6314825	1.7431433

Table 6 Result of one sample t-test for Ea and current density n

Ea					n				
	Chamber	Hotplate	cham.-hot.	p		Chamber	Hotplate	cham.-hot.	p
W-Ea	0.363879	0.423765	-0.0599	0.785	W-n	-0.58688	-0.99554	0.4086	0.887
R-Ea	0.165649	0.0499072	0.1157		R-n	-0.65151	-0.99044	0.3389	
B-Ea	0.112495	0.235108	-0.1226	equal	B-n	-1.2012	-0.60953	-0.5917	equal

으로 설정하였다[11]. 이 기준으로 챔버와 핫플레이트에서 각 조건별로 수명을 예측하였다. 수명-스트레스 관계를 나타내는 가속모형인 Peck 모형인 식 (3)으로 설정하고 가속모형 모수의 동일성 검정을 수행하였다.

Peck 모형의 모수인 활성화 에너지와 전류밀도 상수를 챔버와 핫플레이트에서 각각 동일성을 검정하고자 한다. 활성화 에너지와 전류밀도 상수의 동일성을 검정하기 위해서 챔버와 핫플레이트 간에 활성화 에너지의 차와 전류밀도 상수의 차를 구하였다. 챔버와 핫플레이트 간에 활성화 에너지의 차와 전류밀도 상수의 차가 각각 "0"이 되면 챔버와 핫플레이트에서 추정한 활성화 에너지와 전류밀도 상수 값이 동일하다. 그러므로 챔버와 핫플레이트 간에 활성화 에너지의 차와 전류밀도 상수의 차를 1 샘플 t-검정으로 평균이 "0"이 되는지 분석하였다.

1 샘플 t-검정 결과로는 <Table 5>와 같이 챔버와 핫플레이트 간에 활성화 에너지, 전류밀도 상수가 각각 동일함을 알 수 있었다.

OLED TV 패널의 표면에 온도조건으로 챔버와 핫플레이트에서 가속열화시험을 수행하면 제품의 반응속도나 열화속도가 동일하고, 추정한 수명값도 유사하다는 점을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 챔버와 핫플레이트로OLED TV 패널의 휘도 열화패턴의 동일성 여부를 검증하였다.

서론에서 챔버를 이용해서 패널의 표면을 가속열화시킬 때는 설정한 온도조건보다 온도가 올라가는 점과 시험조건별로 시료가 필요해서 많은 시료가 요구한다는 점의 문제점을 제시하였다. 하지만 핫플레이트는 패널의 표면에 설정한 온도조건만큼 열을 가할 수 있고, 한 패널에 여러 조건의 시험이 가능해서 시료를 줄일 수 있는 경제적인 효과가 있다. 또한 챔버로 시험한 열화패턴과 핫플레이트로 시험한 열화패턴이 앞에서 검증한 형상모수, 척도모수, 활성화 에너지와 전류밀도 상수의 동일성 검증을 통해서 유사함을 알 수 있었다. 따라서 OLED TV 패널의 표면을 가속열화시험할 경우에는 핫플레이트를 통해서 시료수와 총 시험시간을 줄일 수 있어서 경제적인 효율성을 증가시킬 수 있고, 설정한 온도조건으로 시험이 가능하기 때문에 정확한 시험이 가능할 것이다.

References

[1] Shin, H. J. (2015). "Compensation and Driving Technology for OLED TV Implementation". Information display, Vol. 16, No. 3, pp. 3-10.

[2] Kim, K. D., Jang, S. H., Kim, J. M. and Jang, S. M. (2012). "Characterization of Thin Film Passivation for OLED by PECVD". Korean Chemical Engeering Research, Vol. 50, No. 3, pp. 574-581.

[3] Park, D. H., Park, J. W. and Song, B. S. (2009), "Reliability Engineering". EnstaKorea, pp. 100-110.

[4] Seo, S. K., Kim, H. G., Gwon, H. M., Cha, M. S. and Yoon, W. Y. (2015), "Reliability Engineering". Kyobobook, pp. 407-431.

[5] Yu, K. H., Lee, J. H., Kim, D. S., Lee, M. S., Yoon, Y. G., Han, J. H. and Jang, J. S. (2011) . "Life Prediction System Implementation based on degradation model for LED chip degradation characterization". The Korean Reliability Society, Vol. 2011, No. 6, pp. 79-85.

[6] Lee, S. K. (2016). "A study on the performance changes of organic light-emitting diodes according to eternal stress". Hongik University, pp. 18-25.

[7] Lee, M. G., Seo, I. W., Jung, H. S., Lee, J. H. and Jwa, S. H. (2016). "Warpage of Flexible OLED under High Temperature Reliability Test". The International Micro-

electronics and Packaging, Vol. 23, No. 1, pp. 17-22.

[8] Sugimoto, K., Yoshioka, T., Kijima, H., Ohata, H., Miyaguchi, S., Tsutsui, T., Takada, N. and Murata, H. (2016). "Accelerated Lifetime Testing of White OLED Panels for Lighting". Symposium Digest of Technical Papers, Vol. 47, No. 1, pp. 1730-1733.

[9] Ishii, M. and Taga, Y. (2002). "Influence of temperature and drive current on degradation mechanisms in organic light-emitting diodes". Applied Physics Letters, Vol. 80, No. 18, pp. 3430-3432.

[10] Lee, S. H. (2015). "The relationship between solution-processed phosphorescent OLED materials and device performance". University of Seoul, pp. 4-5.

[11] Kim, M. S., Im, H. W. and Lee, C. H. (2015). "An Accelerated Degradation Test for PMOLED". Journal of the Korea Institute of plant Engineering, Vol. 20, No. 3, pp. 51-59.

[12] Fery, C., Racine, B., Vaufrey, D., Doyeux, H. and Cina, S. (2005). "Physical mechanism responsible for the Stretched exponential decay behavior of aging organic light-emitting diodes". Applied Physics Letters, Vol. 87, No. 21, pp. 213502.