

# OLED소자의 가속수명 시험에 관한 연구

최영태\* · 조재립\*\*

\*삼성SDI · \*\*경희대학교 테크노공학대학

- A study on OLED device's accelerated lifetime test -

Young Tae Choi\* · Jae Rib Joe\*\*

\*Samsung SDI · \*\*College of Adv. Tech., KyungHee University

## Abstract

Display's life time is defined as the time of 50% luminance drop. It was used luminance and temperature as accelerated factor to accelerated lifetime at test. When it's working jule-heat is generated and device's temperature is growing as any temperature because OLED is self-luminance display device. So we decided temperature condition is 25, 70°C, and luminance condition is 60~300cd/m<sup>2</sup> in test. It's assumed accelerated lifetime model by result of the test.

Keywords : OLED, Accelerated lifetime, Reliability

## 1. 서론

OLED(Organic Light Emitting Diode) 소자는 1982년 C.W.Tang 등에 의해 다층구조의 발광 소자가 제작된 이후로 비약적인 발전을 해왔다.

하지만, OLED 소자의 수명은 유기물의 열화 특성 때문에 무기물을 주로 다루는 물리학자들 및 전기전자공학자들에 의해서 OLED 소자가 연구되어 소개되는 초기부터 논란이 되어 오고 있다. 최근에는 OLED 소자를 이용한 제품이 시장에 출시되면서 OLED 소자의 수명에 대해서 지속적으로 문제 제기가 되고 있다. 하지만, OLED 소자가 다른 디스플레이(display)에 비해서 색감, 반응속도, 소비전력, 두께 등 상품으로서의 가치가 높기 때문에 빠른 속도로 다양한 제품(application)에서 상품화가 이루어지고 있고, 수명을 향상시키기 위한 재료, 다층막 구조 등에 관한 연구가 빠르게 진행되고 있다.

디스플레이의 수명은 일반적으로 휘도가 반감(초기 휘도 대비 50%) 되는 시점을 기준으로 삼는다. 수명을 가속시키기 위한 일반적인 요소는 휘도(OLED 소자의 경우 전류)와 온도이다. OLED 소자는 자발광 디스플

레이로 전원이 인가되면 발광을 하게 되면서 자체 온도가 상승하게 된다. 상온 25°C에서 발광을 하더라도 자체 온도 상승분 때문에 일정범위 내에서는 온도가 가속의 효과가 없다. 그래서 온도의 효과를 주기 위해서 70°C를 고온조건으로 하여 60~300cd/m<sup>2</sup>의 다양한 휘도로 실험을 실시하여 가속모형을 추정하고자 한다.

## 2. 가속수명시험 이론

가속수명시험은 시험기간을 단축하기 위한 목적으로 기준조건(통상 사용조건)보다 가혹한 조건에서 실시하는 시험이다. 가속을 위한 가혹한 조건은 일반적으로 높은 스트레스 수준에서 스트레스를 인가하는 스트레스 가속과 간헐 동작 시 반복회수를 증가시키거나 연속 동작 시 지속시간을 늘리는 시간 가속 방법이 있다.

가속수명시험은 이와 같은 방법으로 제품의 고장 메커니즘을 촉진하여 수명을 측정하는 시험방법이다.

가속계수는 가속한 조건의 시험결과로부터 기준조건의 수명 또는 고장률을 추정하기 위해 두 조건 사이에 존재하는 규칙성을 활용하여 산출하며, 일반적으로 두 조건에서의 고장 메커니즘이 동일해야 한다.

† 교신저자: 조재립, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지 경희대학교 테크노 공학대학 430호

M · P: 011-357-6698, E-mail: jrcho@khu.ac.kr

2008년 6월 접수; 2008년 8월 수정본 접수; 2008년 8월 게재확정

높은 신뢰도를 갖는 제품에 대한 적절한 신뢰성 평가를 하기 위해서는 직면하게 되는 시간과 시험단위수의 제약을 극복하여 짧은 기간에 제품의 신뢰도와 성능을 파악하기 위해서는 가속수명시간이 절실히 필요하다.

신뢰성 연구에서 제품이나 소자의 수명은 일반적으로 스트레스의 종류에 따라 다양한 관계식을 가지고 있다. 이런 관계들은 가속 모형이라고 하고, 신뢰성 연구에서 스트레스 가속을 통한 실험 및 실험을 통한 수명 분포의 모수(평균, 표준편차)를 분석할 때, 사용되는 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 아레니우스 모형(Arrhenius Model)과 아이링 모형(Eyring Model), 역누승 모형(Inverse Power Model) 등 있다.

## 2.1 가속수명 시험

### 2.1.1 Constant Stress 가속시험

스트레스 부과방법의 가장 대표적인 방법으로 일정한 수준의 스트레스를 시험 종결 시간까지 유지하는 시험 방법이며, 스트레스 유지가 쉽고 실험적인 검증도 많이 이루어진 장점이 있다.

### 2.1.2 Cycle Stress 가속시험

제품에 가하는 스트레스 수준을 사인곡선 등과 같이 주기적으로 변화시키는 시험 방법으로 금속부품의 피로시험 등에 많이 적용되는 시험이다.

### 2.1.3 Progressive Stress 가속시험

시간에 따라 스트레스를 연속적으로 증가시키는 시험 방법으로 시험 대상에 따라 스트레스의 비율을 차이가 나게 부과하는 방법이다. 선형적으로 증가하는 경우를 램프(ramp-stress)시험이라 한다. 단계 스트레스 시험과 동일한 장단점을 가지고 있으며, 고가의 시험장비를 사용하더라도 스트레스 증가율을 일정비율로 유지하기가 쉽다.

### 2.1.4 Step Stress 가속시험

스트레스 수준을 계단형으로 변환(주로 증가)시키는 시험 방법으로 일정시간 동안 제품이 고장 나지 않으면 더 높은 수준의 스트레스를 가하는 시험이다. 시험단위의 고장까지 각 스트레스에서 노출된 누적효과가 전이되는 모형이 필요하다. 즉 고장물리에 의해 입증된 누적효과에 대한 모형이 부족하여 신뢰도 평가에 어려움이 발생되고 있다.

## 2.2 가속열화 시험

### 2.2.1 열화 시험

수명시험과는 달리 열화시험에서는 수명에 관련된 성능 특성치의 관측을 통해 열화자료를 획득한다. 이러한 열화자료는 다양한 열화모형을 통해 정상 사용조건에서의 고장시간을 예측하는데 이용된다. 열화시험은 고장이 잘 발생되지 않는 신뢰도 높은 제품의 신뢰성을 확인하고 보증하는데 유용하게 사용된다.

### 2.2.2 가속열화 시험

수명자료 대신 열화자료를 획득하는 열화시험과 동일한 시험형태이지만 가속시험과 같이 정상 사용조건보다 높은 스트레스 조건에서 성능특성이 시간에 따라 열화되는 정도, 즉 열화량을 측정하여 시간에 따른 열화량 변화에 대한 모형(열화량 분포, 열화량의 시간과 스트레스에 대한 의존성)의 모수를 추정하고, 추정된 모형으로부터 정상 사용조건에서의 수명을 추정하는 시험방법이다.

## 2.3 수명 분포와 가속수명 모형

### 2.3.1 와이블 분포

제품의 고장 데이터를 해석하기 위해서 수명 분포 모형을 결정해야 한다. 수명 분포 모형은 와이블(weibull) 분포, 지수(exponential) 분포, 정규(normal) 분포, 대수 정규(lognormal) 분포 등이 있다.

와이블 분포는 전자 및 기계부품의 수명분포를 나타내는데 적합한 수명 분포로써 고장률의 증가와 감소를 간단히 모형화 할 수 있고 시간이 지남에 따라 고장률이 달라지는 경우에 적합하여 신뢰성 데이터 분석에 가장 널리 사용된다. 지수 분포는 고장률이 사용기간에 영향을 받지 않는 일정한 수명 분포로써 우발고장을 설명하는데 적합하고, 정규 분포는 마모에 의해 고장나는 제품의 수명분포로 널리 사용된다. 대수 정규 분포는 금속재료의 피로수명, 전기 절연체의 수명분포 등에 널리 사용되는 수명분포로써 신뢰성 분석에는 사용범위가 한정되어 있다.

와이블 분포는 형상(shape), 척도(scale) 및 위치(location) 모수의 값에 따라 다양한 분포를 표현할 수 있다.

$$f(t) = \lambda\beta(\lambda t)^{\beta-1}e^{-(\lambda t)^\beta},$$

$$(t \geq 0, \beta, \lambda > 0) \quad (2.1)$$

여기서,  $\beta$  : 형상모수

$$\eta = \frac{1}{\lambda} : \text{척도모수}$$

위의 식에서  $\beta = 1$  이면 지수분포,  $\beta = 3.5$  이면 근사적 정규분포,  $\beta < 1$  이면 감마분포의 특성을 갖는다.  $\gamma$  (위치모수)를 포함한 3모수 와이블 분포는 2모수 와이블 분포를  $\gamma$ 만큼 오른쪽으로 평행 이동한 효과를 주면  $\gamma$ 기간 동안 고장이 발생하지 않는 제품의 수명분포 분석에 유리하다.

### 2.3.2 아레니우스 모형

가속수명-스트레스 모형은 스트레스 가속 후 적용할 수 있으며, 시험제품의 수명과 스트레스 관계를 나타낸다. 가속수명시험을 통해 얻은 고장 데이터를 분석하여 정상 사용조건에서의 수명을 추정하기 위해서는 가속수명-스트레스 모형이 필요하며 대표적인 수명가속-스트레스 모형은 아레니우스 모형이다.

화학적 반응률에 대한 아레니우스 법칙에 기초하여 온도와 반응 속도가 밀접한 관계를 갖는 경우에 적용할 수 있는 가속수명-스트레스 모형의 하나이다. 전기 절연체와 유전체, 윤활유와 그리스, 반도체 기기, 플라스틱, 축전지, 백열전구 필라멘트 등에 적용 가능하다.

아레니우스 모형은 온도 스트레스에 의한 물리·화학적 반응속도의 의존성을 나타낸다. 따라서 반응률  $r$  과 온도(절대온도)  $T$  의 관계식은 다음과 같다.

$$r = \alpha \cdot \exp\left(-\frac{Ea}{kT}\right) \quad (2.2)$$

여기서,  $r$  : 반응률(Reaction Rate)

$\alpha$  : 대상제품의 고장 메커니즘과 시험조건의 특성에 따른 상수

$Ea$  : 활성화 에너지 (Activation Energy)

$k$  : 볼츠만 상수 (Boltzmann's constant)  
 $= 8.617 \times 10^{-5} = \frac{1}{11,604.83} eV/^{\circ}K$

$T$  : 절대 온도

관계식에서 볼 수 있듯이, 이 법칙은 물질에 대한 간단한 화학반응률과 온도와의 관계를 나타낸 것으로, 소자의 고장 정도를 바로 이 관계식으로 표현할 수가 있다. 반도체 소자의 경우, 소자의 고장을 유발하는 많은 원인들 중의 대부분이 소자를 구성하는 물질들 간의 원하지 않는 화학반응 또는 확산에 의한 것들이기 때문에, 아레니우스 법칙은 반도체 소자의 온도에 의한 고장 정도를 표현하는 데에 많이 이용되고 있다.

제품의 화학 반응량 혹은 열화량(성능저하) 정도가 어떤 한계에 도달하였을 때를 제품의 고장으로 가정한다면, 화학반응의 한계량(critical amount)은 반응률( $r$ )에 시간(time to failure)을 곱한 값으로 나타내지고, 이를 이용하여 고장에 걸리는 시간, 즉 제품의 수명을 다음과 같은 관계식으로 표현할 수 있게 된다.

$$x_0 = \alpha_0 \cdot \exp\left(-\frac{Ea}{kT}\right) \cdot L \quad (2.3)$$

$$L = \left(\frac{x_0}{\alpha_0}\right) \cdot \exp\left(\frac{Ea}{kT}\right) = \alpha \cdot \exp\left(\frac{Ea}{kT}\right) \quad (2.4)$$

단,  $\alpha = \frac{x_0}{\alpha_0}$

<표 2.1> 고장 메커니즘과 활성화 에너지

고장 메커니즘	활성화 에너지 [Ea]
게이트(gate) 산화 결함	0.3~0.5
금속성분(inter-metallic) 결함	0.3
금속에 대한 폴리(poly)결함	0.3
실리콘(silicon) 접합 결함	0.8
부식(corrosion) 결함	0.6~0.7
오염(contamination) 결함	1.0
조립(assembly) 결함	0.5~0.7
SiO <sub>2</sub> 의 이온화 나트륨의 특성변화	~1.4
전자 누출에 의한 배선 단락	0.6
표면 충전에 의한 축적(Si)	1.0~1.2

제품의 수명(L)은 반응률의 역수에 비례하는 관계를 가지고 있고, 이를 아레니우스 모형 또는 아레니우스 수명 관계(Arrhenius life relationship)라고 한다.

$$\ln(L) = \ln \alpha + \left(\frac{E_a}{k}\right) \frac{1}{T} = y_0 + y_1 \cdot \left(\frac{1}{T}\right) \quad (2.5)$$

여기서,  $y_0 = \ln \alpha$ ,  $y_1 = \frac{E_a}{k}$

아레니우스 수명 관계는 로그 연산을 통해 수명과 온도 스트레스에 대한 활성화 에너지를 기울기로 갖는 간단한 선형 관계식으로 표현된다. 여기서, 활성화 에너지는 제품의 수명 예측을 위한 중대한 판단 기준으로 적용할 수가 있다.

대부분의 반도체 소자의 활성화 에너지는 같은 소자 내에서도 고장 메커니즘에 따라 <표 2.1>과 같이 0.3~1.5 범위 내의 각각 다른 값을 가지고 있다.

### 2.4 가속성과 가속계수

#### 2.4.1 가속성의 성립

두 가속조건에서의 수명자료를 확률지에 타점했을 경우 각 조건에서 적합한 직선이 서로 평행하면 두 조건 사이에 가속성이 성립한다고 판단할 수 있다. 예를 들어, 와이블 분포일 경우에는 두 직선의 형상모수( $\beta$ )가 같을 경우, 대수정규분포일 경우에는 척도모수( $\eta$ )가 같을 경우이다.

#### 2.4.2 가속 인자

임의의 두 스트레스 조건 1과 2 사이에 가속성이 성립한다고 하면(단, 조건 2가 1보다 열악) 두 조건에서 수명  $t_1, t_2$ 는 가속계수  $AF$ 와 다음 식(2.6)의 관계가 성립한다.

$$t_1 = (AF) \cdot t_2 \quad (2.6)$$

위 관계식은 두 수명분포의 임의의 분위수에도 동일하게 성립하므로  $t_{1,0.5} = (AF) \cdot t_{2,0.5}$  또는  $t_{1,0.01} = (AF) \cdot t_{2,0.01}$ 가 되므로 다음의 관계로부터 가속계수를 구할 수 있다.

$$AF = \frac{t_{1,0.632}}{t_{2,0.632}} = \frac{\eta_1}{\eta_2} : \text{Weibull Dist.} \quad (2.7)$$

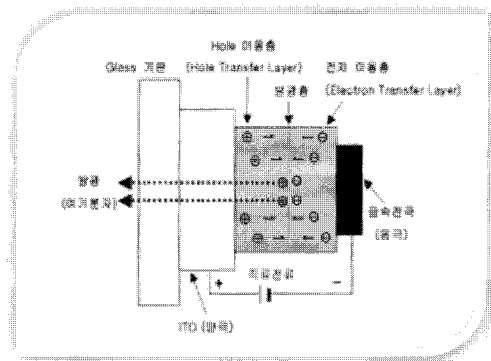
온도 스트레스 경우의 가속계수(아레니우스 모형) 가속계수를 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$AF = \frac{L_1}{L_2} = \exp\left[\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)\right] \quad (2.8)$$

## 3. 열화 스트레스

### 3.1 열화

양극(anode)의 표면 균일도(surface roughness), 일함수(work function), 표면 오염도의 영향으로 열화가 발생한다. 양극 유기층(anode-organic layer)의 ITO 오염(indium-tin-oxide contamination), 산소의 확산(oxygen diffusion), 계면 상태(interface contact status) 등이 열화의 원인이 된다.



<그림 3.1> OLED의 발광구조

OLED 소자는 발광효율을 높이기 위해 전자와 정공의 균형을 맞추는 다층 구조로 되어 있고, 양극 전극 및 음극 전극에서 전자와 정공이 끊임없이 주입되어 박막(thin film) 상태의 유기물질을 1초에 약 10억 번 이상 들뜨게 만든 후 빛을 생성시키는 원리로 동작한다.

OLED 소자의 열화는 다층 구조를 구성하고 있는 재료 자체의 불안정성에 의한 내부 요인과 층을 형성시키기 위하여 사용된 공법의 불완전성에 의한 외부 요인이 있다.

내부 열화에 의한 주요 원인은 유기물질의 전기화학적 불안정성에 의한 여기상태(excited state)에서 반응(reaction)이다. 외부 열화에 의한 주요 요인은 다층막 구조로 인한 유기 박막과 투명 양극전극 또는 금속 음극전극 사이의 근본적으로 좋지 않은 계면의 접착력이다. 이로 인하여 구동 전압 및 온도가 높을 경우 계면

의 전압 차이 및 서로 다른 열팽창 계수 때문에 층간 분리로 OLED 소자의 열화 원인이 된다.

### 3.2. 가속스트레스 발굴

OLED 소자의 휘도가 떨어지는 원인으로는 여러 가지 요인이 있다. OLED 소자의 휘도에 영향을 주는 요소로는 LTPS(low temperature poly silicon) 기판 제작을 위해 패턴을 형성시킬 때 사용되는 재료인 폴리이미드(polyimide)와 아크릴(Acryl) 자체의 수분 또는 분출가스(outgas)이다. 수분 또는 분출가스를 충분히 배출하지 못하면 표면의 균일도가 낮아져 전자 주입의 균형이 무너져 휘도 저하가 발생 한다.

도핑(doping)의 농도에 의해 문턱전압(threshold voltage), 전자와 정공의 이동도에 따른 균형의 변화 및 도핑이 진행될 때의 온도변화로 인하여 특성 변화될 때 수명 변화가 발생할 수 있다.

ITO는 발광층에 정공을 전달해주는 양극으로 ITO의 재료와 두께에 따라 휘도 특성 및 화면 품질이 변화한다. 또한 ITO를 형성시키기 위한 재료의 종류에 따라서 전극 특성이 변화하여 휘도특성 및 화면 품질이 나빠진다.

휘도 수명에 가장 영향을 많이 미치는 것은 OLED 소자에 사용되는 발광 재료이고, 발광 재료를 성막하는 방법은 유기 재료가 열에 약하기 때문에 열을 이용한 증착(evaporation)방법이 일반적으로 사용되고 있다. 이 때 성막 두께, 열의 온도에 따른 재료의 변성 등이 중요한 요소가 된다. 성막 전에 막의 특성을 좋게 하기 위해 플라즈마(plasma) 처리를 하는데 유기막의 잔사를 제거하고 계면(interface)의 표면 균일도를 향상시키는데 목적이 있고, 처리 능력에 따라 수명에 영향을 미친다.

### 4. 실험 및 결과

이번 실험은 온도와 전류에 의한 재료자체의 열화시간을 측정하여 가속성의 성립여부를 평가하고자 하였다.

내부 요인인 재료의 종류에 따라서 수명의 차이가 발생하기 때문에 동일한 종류의 유기 재료 및 재료 구조를 사용하였고 외부 요인인 유기재료의 성막 방법, 플라즈마 처리 방법, 에이징(aging) 방법 등의 공정 조건의 차이로 인하여 수명이 달라지기 때문에 동일한 공정 조건으로 시료를 만들었다.

실험은 휘도 60~300cd/m<sup>2</sup>와 25,70℃에서 실시하였고, 휘도 수명(50% 휘도 반감까지의 시간)을 실측하기에는 현실적으로 시간이 너무 많이 소요되어 예측 수명을

산출하여 적용하였다. 예측 수명 산출하는 방법은 일정한 기간동안 주기적으로 휘도를 측정하여 휘도가 저감되는 곡선을 그린다. 곡선을 직선으로 적합(여기서는 휘도를 y축, 시간<sup>1/2</sup>을 x축)하도록 하여 연장선이 y가 50%가 되는 x축의 시간을 수명으로 하였다.

각 실험에 대한 결과는 다음과 같다.

### 4.1 휘도별 가속계수

수명분포는 분포의 적합성을 검증하여 와이블 분포의 최대 우도법으로 데이터를 분석하였다. 가속성의 성립 여부를 판단하기 위해 동일 형상모수에 대한 검증을 한 결과 자유도 3에서 카이-제곱 통계량은 6.63836, p-value 0.084(>위험률(α)=0.05)로 분포형태가 다르지 않기 때문에 가속성이 성립함을 확인하였다.

White 휘도수명가속계수는 기준휘도 150cd/m<sup>2</sup> 대비 휘도 1.5배(225cd/m<sup>2</sup>) 상승 시 2.02, 2.0배(300cd/m<sup>2</sup>) 상승 시 3.79이다. 내용을 정리해 보면 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 25℃ 휘도별 수명 및 가속계수

휘도(cd/m <sup>2</sup> )	MTTF	B10	가속계수
60	62,439	48,235	0.36
150	22,526	15,288	1.00
225	11,156	9,969	2.02
300	5,721	4,387	3.79

### 4.2 휘도/온도별 가속계수

수명분포는 분포의 적합성을 검증하여 와이블 분포의 최대 우도법으로 데이터를 분석하였다. 가속성의 성립 여부를 판단하기 위해 동일 형상모수에 대한 검증을 한 결과 자유도 3에서 카이-제곱 통계량은 0.350415, p-value 0.095(>위험률(α)=0.05)로 분포형태가 다르지 않기 때문에 가속성이 성립함을 확인하였다.

White 휘도수명 가속계수는 동일휘도(150cd/m<sup>2</sup>)에서 3.06, 휘도 1.5배(225cd/m<sup>2</sup>) 상승할 때는 4.22배, 2.0배(300cd/m<sup>2</sup>) 상승 할 때는 7.31이다. 내용을 정리해 보면 <표 3.2>와 같다.

<표 3.2> 70℃ 휘도별 수명 및 가속계수

휘도(cd/m <sup>2</sup> )	MTTF	B10	가속계수
150	7,355	5,233	3.06
225	5,341	3,432	4.22
300	3,082	2,203	7.31

## 5. 가속모형 추정

### 5.1 휘도에 따른 가속모형추정

제품 산포로 인해 실제 휘도값은 처음 설정한 휘도값과 차이가 발생하였다. 이 점을 고려하여  $lum$ 를 실제 휘도,  $L$ 을 휘도수명으로 하면  $L = a \cdot lum^{-n}$ 으로 볼 수 있는데 이 모형을 이용하여 회귀분석을 실시한 결과 휘도에 따른 가속모형은 아래의 식과 같다.

$$\ln L = 11.5 - 0.00887 \cdot lum \quad (5.1)$$

(단,  $50 \leq lum \leq 350$ ,  $R^2 = 96.5\%$ )

### 5.2 온도에 따른 가속모형추정

온도에 따른 수명모형을 추정하기 위해서 아레니우스 모형에 적용하였다. 모형식은 아래와 같다.

$$L = a \cdot \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \quad (5.2)$$

앞에서 분석한 기준휘도( $150 \text{cd/m}^2$ )에서  $25^\circ\text{C}$ 와  $70^\circ\text{C}$ 의 가속계수를 이용하여 활성화 에너지( $E_a$ )를 구할 수 있다.

$$AF = \exp\left(\frac{E_a}{kT_{25}} - \frac{E_a}{kT_{70}}\right) \quad (5.3)$$

위의 식에 주어진 값과 <표 2>에 명시되어 있는  $150 \text{cd/m}^2$ 의  $AF = 3.06$ 을 대입하면  $E_a = 0.22$ 가 된다.

제품의 실제 데이터로 회귀분석을 해보면 온도에 따른 가속모형은 아래의 식과 같다.

$$\ln L = 1.45145 + 0.222623 \cdot arrTemp \quad (5.4)$$

$$\text{(단, } arrTemp = \left(\frac{11604.83}{Temp + 273.16}\right)\text{)}$$

### 5.3 휘도/온도에 따른 가속모형추정

온도 외에 휘도 스트레스까지 포함시킨 모형을 설계하기 위해 아이링 모형을 검토하였으나, 온도를 스트레스로 검토한 아레니우스 모형과 휘도를 스트레스로 검토한 모형을 서로 곱한 결과가 실측값이 아이링 모형을

을 적용하기에는 상관성을 찾을 수 없었다.

온도와 휘도의 두 가지 변수를 모두 적용한 모형을 찾기 위해 두 식으로 산출된 결과값과 실제 측정값으로 회귀분석을 실시하였다. 온도와 휘도의 복합 가속모형은 아래의 식과 같다.

$$L = -5747 + 0.453 \cdot arrFomula + 0.520 \cdot lumFomula \quad (5.5)$$

$$\text{단, } arrFomula = \exp(1.45145 + 0.222623 \cdot arrTemp)$$

$$lumFomula = \exp(11.5 - 0.00887 \cdot lum)$$

## 6. 결론 및 과제

본 연구에서는 OLED 소자의 수명을 추정하기 위한 가속수명 모형을 만들었다는 것에 의미를 둘 수 있다.

본 연구에서는 일반적으로 인정할 수 있는 공정 산포 이외의 영향을 배제하기 위해서 재료, 픽셀(pixel)설계 및 공정조건을 고정하여 시료를 제작하였다. 재료 및 공법이 다르다면 여기서 제시한 모형을 적용할 수 없다.

OLED 소자는 전류가 인가되면 발광하는 구조로 전류량에 따라서 휘도가 달라지고 전류량이 동일하여도 발광면적에 따라서 휘도가 달라진다. 최소의 전류로 최대의 휘도를 얻기 위해서는 유효 면적 내의 최대의 발광 면적이 필요하다. 동일한 전류를 인가하더라도 면적이 넓을수록 수명에 유리하다. 최근 픽셀 크기를 최대로 설계하기 위해서 배면발광 구조에 비해 기술적 어려움에도 불구하고 전면발광 구조로 제품이 출시되고 있는 이유이다.

OLED 소자는 초기에 휘도가 급격히 떨어지고 이후는 점차적으로 천천히 떨어지는 특성이 있다. 초기 휘도 저하를 방지하기 위해서 에이징을 실시하게 되는데 부족하면 초기 휘도 저하로 인한 전체 수명이 줄어들고, 과하면 열화가 많이 진행되기 때문에 적절한 에이징이 필요하다.

OLED 소자는 전자의 공급량이 영향을 받는 계면의 상태가 중요하다. 계면의 잔사를 처리하기 위해서 에칭을 하게 되는데 주로 플라즈마를 사용한다. 균일한 막을 얻기 위한 플라즈마 제어하는 공정 능력도 중요한 변수이다.

본 연구에서 제시한 모형의 활용성을 확대하기 위해서는 발광면적비, 재료구조, 에이징 조건, 계면 상태 등의 변수가 포함된 연구와 실험이 진행되어야 하여 모형을 정교화 시킬 필요가 있다.

7. 참 고 문 헌

[1] "Accelerated Testing - Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis." WILEY INTERSCIENCE, 2004.

[2] AzizD. Popovic and HanyZoran. "Reliability and Degradation of Small Molecule-Based Organic Light-Emitting Devices (OLEDs)." IEEE JOURNAL ON SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, VOL. 8, NO.2, 2002.

[3] Chan, H. Anthony (EDT)/ Englert, Paul J. (EDT). AcceleratedStressTestingHandbook. WILEY, 2004.

[4] D.PopovicAziz and ZoranHany. "Degradation Phenomena in Small-Molecule Organic Light-Emitting Devices." American Chemical Society, 2004.

[5] OhtaNoboru. "色彩工学(Color Engineering)." 국제, 2003.

[6] PopovicAziz\* and Zoran D.Hany. "Degradation Phenomena in Small-Molecule Organic Light-Emitting Devices." 2660 Speakman Drive, Mississauga, Ontario, Canada L5K 2L1: Xerox Research Centre of Canada, 2004.

[7] StreetmanG.Ben. "Solid State Electronic Devices." Prentice-Hall, 1995.

[8] 김용남. "균일침전법에 의한 ITO 나노분말 제조 및 ITO 박막의 열화 특성에 관한 연구." "박사학위논문." 연세대학교 대학원, 2003.

[9] 김원삼. "α-피리도인과 금속 착체의 합성과 전기발광에 관한 연구." "석사학위논문." 인제대학교, 2006.

[10] 김진성. "유기발광소자의 퇴화에 관한 연구." "석사학위논문." 중앙대학교 대학원, 2003.

[11] 서순근. "MINITAB 신뢰성 분석." 이레테크, 2002.

[12] 신동원. "유기 메모리 발광 소자 제작 및 특성 평가." "석사학위논문." 한양대학교 대학원, 2007.

[13] 이상용. "신뢰성 공학." 형설출판사, 2003.

[14] 이종범. "환경물질을 제외한 전자부품의 신뢰성평가 방법 연구 : Pb와 Br을 제거한 PWB를 중심으로." "박사학위논문." 경희대학교 대학원, 2005.

[15] 이준길. "초음파를 이용한 침출수 처리용 막분리공정의 성능향상." "석사학위논문." 대구대학교 대학원, 2004.

[16] 이황직. "OLED 발광물질을 위한 2-Thio-EDOT 유도체들의 합성." "석사학위논문." 명지대학교 대학원, 2007.

[17] 토비타 미찌아키(飛田 道昭)타츠로(石飛 達郎), 시렌 카즈시(枝連 一志), 나카야 타다오(仲矢 忠雄) 이시토비. "고분자 OLED 재료의 개발." "Monthly "Display", TechnoTimes of Japan" (TechnoTimes

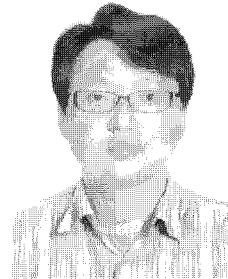
of Japan), September 2005.

[18] 양중환, 윤종근, "AMOLED 불량 및 신뢰성 평가", Information Display, 2007.

[19] 김동철. "신뢰성 보증시스템에 관한 연구." "박사학위논문." 성균관대학교 대학원, 2007.

저 자 소 개

최 영 태



동아대학교 기계공학과를 졸업하고, 경희대학교 대학원에서 산업공학 석사학위를 취득하고 동 대학원에서 산업공학 박사를 수료하였다. 현재 삼성SDI AMOLED 사업팀에 재직중이다. 주요 관심분야는 품질경영, 신뢰성경영, 환경경영 등이다.

주소: 충청남도 천안시 성성동 508번지 삼성SDI AMOLED 사업팀

조 재 립



한양대학교 산업공학과를 졸업하고, 동 대학원에서 석사 및 박사학위를 취득하였다. 현재 경희대학교 산업공학과 교수로 재직중이며, 주요 관심분야는 품질경영, 신뢰성경영, 환경경영, 서비스경영 등이다.

주소: 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지 경희대학교 테크노 공학대학 430호