

유기 발광 다이오드의 신뢰성 평가기준

홍원식*, 송병석*, 정해성***, 임재학****

전자부품연구원 신뢰성본부*, 서원대학교 멀티미디어공학과***, 한밭대학교 경상학부****

Reliability Assessment Criteria of Organic Light Emitting Diode(OLED)

Won Sik Hong*, Byeong Suk Song*, Hai Sung Jeong***, Jae-Hak Lim****

Reliability R&D Division, Korea Electronic Technology Institute*
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.**
Division of Business, Hanbat National University****

Abstract

An organic light emitting diode (OLED), also light emitting polymer (LEP) and organic electro luminescence (OEL), is any light emitting diode (LED) whose emissive electroluminescent layer is composed of a film of organic compounds. The layer usually contains a polymer substance that allows suitable organic compounds to be deposited. They are deposited in rows and columns onto a flat carrier by a simple "printing" process. The resulting matrix of pixels can emit light of different colors. Such systems can be used in television screens, computer displays, small, portable system screens such as cell phones and PDAs, advertising, information and indication. OLEDs can also be used in light sources for general space illumination, and large-area light-emitting elements. In this paper, we develop the general guide line of the accelerated life test for assuring B10 life of AMOLED(Active Matrix Organic Light Emitting Diode) and PMOLED(Passive Matrix Organic Light Emitting Diode) which are widely used for display monitor less than 115 mm.

Key word : OLED, B10 life, reliability certification, accelerated life test, Weibull distribution, environmental test

1. 서론

소형 유기 발광 다이오드(OLED)는 전극으로부터 전자와 정공이 각각 유기 반도체 층의 전도대와 가전자대로 주입되고 주입된 전자와 정공은 내부로 확산되어 재결합되며 이 과정을 통하여 광이 발생하는 디스플레이 제품이다. 낮은 전압에서 구동이 가능하고 얇은 박형으로 만들 수 있다. 넓은 시야각과 빠른 응답속도를 갖고 있어 일반 LCD와 달리 바로 옆에서 보아도 화질이 변하지 않으며 화면에 잔상이 남지 않는다. 또한 소형 화면에서는 LCD 이상의 화질과 단순한 제조공정으로 인하여 유리한 가격 경쟁력을 갖는다. 이 제품은 휴대전화나 카오디오, 디지털카메라와 같은 소형기기의 디스플레이에 주로 사용하고 있다. 2004년 현재 OLED의 기판 재질로는 유리를 사용하고 있으나 필름을 사용하면 구부러서 들고 다닐 수 있는 디스플레이장치를 만들 수 있다.

OLED는 <그림 1>에서와 같이 유리 기판 위에 양극, 3층의 유기막 층(홀 수송층, 발광층, 전자 수송층) 그리고 음극을 순서에 따라 적층해 구성된다. 유기 분자는 에너지를 받으면(여기 상태), 원래의 상태(기저 상태)로 돌아오려고 하며, 이때 받은 에너지를 빛으로서 방출하는 특성을 가지고 있다. OLED 소자에서는 전압을 걸면 양극으로부터 주입된 홀(+)과 음극으로부터 주입된 전자(-)가 발광층 내에서 재결합하여 유기 분자를 여기상태로 만들어 발광하게 된다. 전압이 인가되면 유기물이 빛을 발하는 특성을 이용하며, 유기물에 따라 R, G, B를 발하는 특성을 이용해 칼라를 구현하게 된다. OLED의 주요기술은 구동방식에 따라 수동형과 능동형으로, 발광방식에 따라 인광과 형광, 발광방향에 따라 상부발광과 하부발광으로, 발광재료에 따라 저분자와 고분자로, 컬러 패터닝 방식에 따라 삼색발광법, 백색법, 색변환법, 잉크젯 프린팅 등으로 나뉜다.



<그림 1> OLED의 기본 구조도

본 논문에서는 115 mm 이하 디스플레이에 사용되는 소형 모바일용 AMOLED(Active Matrix Organic Light Emitting Diode) 및 PMOLED(Passive Matrix Organic Light Emitting Diode) 모듈에 대하여 B10 수명이 일정수준 이상임을 보증하는 신뢰성인증시험

에 대한 일반적인 기준을 제시한다. 2장에서는 신뢰성보증시험의 일반적인 사항에 대하여 논의하며 3장에서는 신뢰성 보증시험을 구성하고 있는 품질시험 및 수명시험에 대해 설명한다.

2. 신뢰성 보증시험의 일반사항

2.1. 적용범위

이 기준에 사용된 제품은 115 mm 이하 디스플레이에 사용되는 소형 모바일용 AMOLED(Active Matrix Organic Light Emitting Diode) 및 PMOLED(Passive Matrix Organic Light Emitting Diode) 모듈에 대한 신뢰성시험에 대해 규정하며 이 기준과 제품사양 사이에 차이가 있을 경우는 제품사양을 따른다.

2.2. 실험조건 및 요구사항

2.2.1. 표준시험 상태

측정 및 시험을 하기 위한 장소의 표준시험 상태는 다음과 같다. 즉, 모든 시료의 시험과 측정은 표준시험 상태에서 이루어져야 하며, 표준시험 상태이외의 장소에서 측정해서는 안 된다.

- (1) 주위온도 $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$
- (2) 상대습도 $(50 \pm 25) \% \text{ R.H.}$
- (3) 기압범위 $(86 \sim 106) \text{ kPa}$

2.2.2. 동작조건

OLED모듈에 대한 신뢰성 시험을 할 때, OLED의 동작조건은 기본 신호 레벨의 100 % 인 백색 화면으로 동작한다. 시험 제품의 용도에 따라 다른 휘도 레벨이 사용될 수 있다. 휘도 적용 예로 최대 전면 백색 휘도의 15 % (TV), 20 % (카메라), 30 % (휴대폰) 밝기를 사용하거나 제품사양을 적용할 수 있으며, 적용된 휘도레벨은 보고서에 기록하여야 한다.

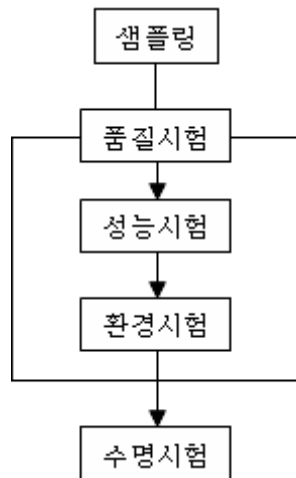
2.3. 샘플링

신뢰성보증에 사용될 OLED 모듈은 원칙적으로 최종 출하 전 전수검사를 실시하는 공정인 경우 가장 최근에 동일조건으로 생산된 양품 중 환경시험을 위한 시료 26개 및 수명시

험을 위한 시료 62개를 발췌하되, 제조자의 책임이 아닌 사고로 인해 결함이 발생한 제품을 대체하기 위해 예비시료 5 개를 추가로 발췌한다.

2.4 신뢰성 보증시험 절차

신뢰성 보증시험은 <그림 2>에서와 같이 품질시험과 수명시험으로 구성되며 품질시험은 세부적으로 성능시험과 환경시험으로 구분된다. 성능시험은 시료 전체에 대하여 적용하여야 하며 제품의 전기 광학적 특성을 평가하며 소비전류, 휘도, 색좌표 및 화질검사로 구성된다. 성능시험을 통과하지 못하는 시료가 나타나면 예비로 뽑아 놓은 5개의 예비시료 중에서 임의로 선정하여 대체한다. 성능시험이 통과되면 26개의 시료를 무작위로 선정하여 환경시험을 실시한다. 환경시험은 고온시험을 포함한 8가지 시험항목으로 구성되며 각 시험에 할당되는 시료 수, 세부적인 시험조건 및 판정기준은 3장에서 설명된다. 환경시험이 통과되면 수명보증을 위한 가속수명시험이 실시되며 세부적인 시험규격 및 시험절차는 4장에서 다루어진다.



<그림 2> 신뢰성 보증시험 절차

3. 품질시험

3.1. 품질시험 목적과 구분

품질시험은 성능시험과 환경시험으로 구성되고 환경시험에 사용되는 26개의 시료들은 성능시험 결과 적합한 제품만을 사용한다.

3.2. 성능시험

환경시험과 수명시험을 실시하기 전에 모든 시료에 대하여 <표 1>에 규정된 전기광학 특성을 평가하는 성능시험을 한다. 성능시험은 <표 1>의 각 항목을 만족하여야 한다. 또한 성능시험시 합격 판정 기준은 제품사양에 따른다. 전기광학 특성평가를 위해서는 제품규격에 명시된 측정조건으로 준비하여 최소 30분 이상 유지하여 규정된 조건으로 구동시킨 후 측정한다. 측정시 구동조건 및 성능기준은 시험품의 제품사양에 따르며, 측정에 사용된 주요 장비(예, Detector 등)는 측정 결과표에 표시한다.

<표 1> 성능시험기준

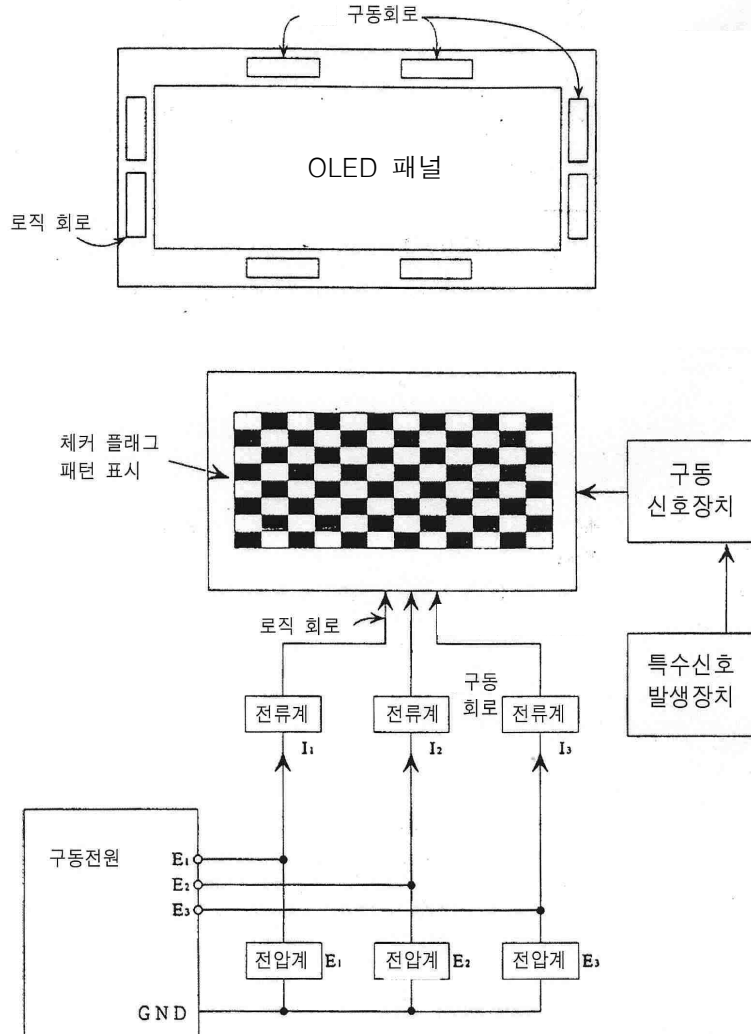
시험항목	시험방법	시험조건	판정기준	시료 수	허용 고장 수
소비전류	3.2.1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 표준대기상태 ◦ 정격소비전력 	제품사양	93개	0
휘도	3.2.2				
색좌표	3.2.3				
화질검사	3.2.4				

3.2.1. 소비전류의 측정

OLED 모듈을 구성하는 구동 회로 등의 소비전류를 측정하기 위해 실시한다. 소비전류의 측정을 위하여 다음의 장치를 이용한다.

- (1) 구동 전원
- (2) 특수 신호 발생 장치
- (3) 구동 신호 장치
- (4) 직류 전류계

소비전류의 측정을 위해 OLED 모듈을 표준 측정 상태에 둔다. 특수 신호 발생장치 및 구동 신호 장치에 따라 백색과 흑색의 면적이 같은 체커 플래그 패턴(checker flag pattern) 신호를 OLED 모듈에 추가할 수 있다(<그림 3> 참조). 이 때, 콘트라스트비가 최대로 되는 조건을 설정한다. 회로로의 공급 전압은 개별 사양서에서 규정된 표준 전압으로 한다. 그리고 <그림 3>에 나타난 측정회로에서 구동 회로에 흐르는 전류 I_2 를 측정한다.



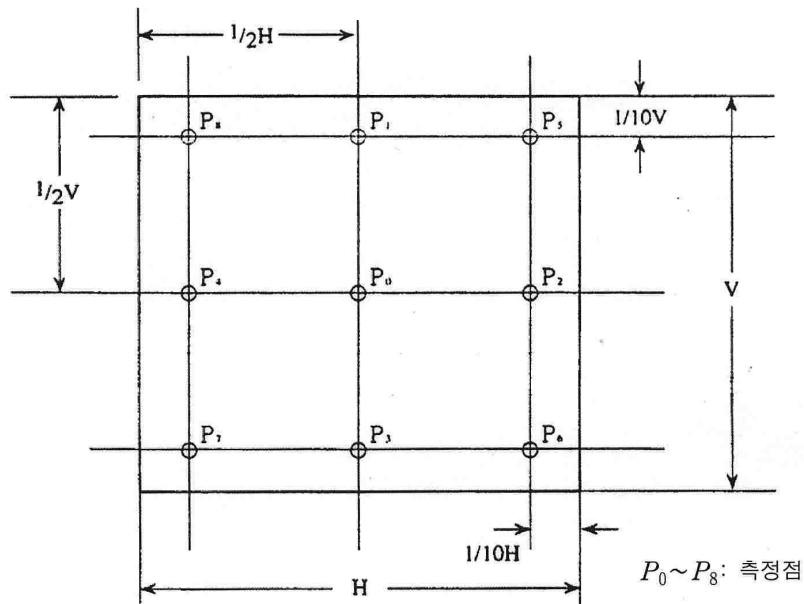
<그림 3> OLED 모듈의 구성과 소비전류 측정회로 예

3.2.2 휘도

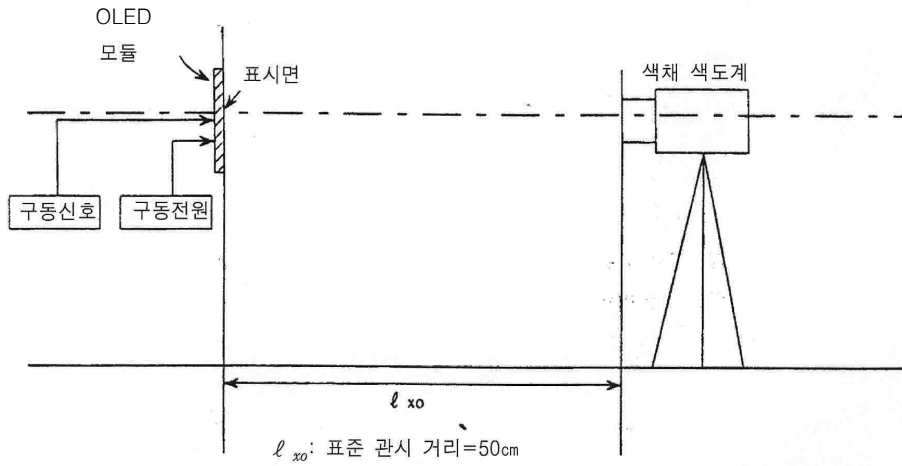
OLED 모듈의 휘도를 측정하기 위해 다음의 장치를 이용한다.

- (1) 구동 전원
- (2) 구동 신호 장치
- (3) 색채 색도계

OLED 모듈의 휘도를 측정을 위해 OLED 모듈을 표준 측정 상태에 두고, 주위로부터의 입사광이 없는 상태로 한다(암실 조건). <그림 5>에 배치도를 나타낸다. 콘트라스트비를 최대로 했을 때의 전면 백색(전투과 신호)에서 변조한 신호가 추가되고, 모듈면 위의 지적된 포인트의 각 색도를 측정한다. 색채 색도계는 OLED 모듈의 표시 면적에 대해 충분히 작은 면적부분을 측정할 수 있는 것을 이용한다. 측정점은 1점, 5점 혹은 9점의 어느 쪽이든지 <그림 4>에 나타난 표시부분 상에서 1점의 경우는 P_0 , 5점의 경우 P_5 , $P_5 \sim P_8$, 9점의 경우 $P_0 \sim P_8$ 로 한다. 또한, $P_0 \sim P_8$ 에 대응하는 색도는 $C_0 \sim C_8$ 로 한다. 측정 결과는 <표 2>와 같이 측정점과 색도등을 포함해야 한다.



<그림 4> 측정점



<그림 5> 배치도(수평 방향의 예)

<표 2> 측정 결과 예

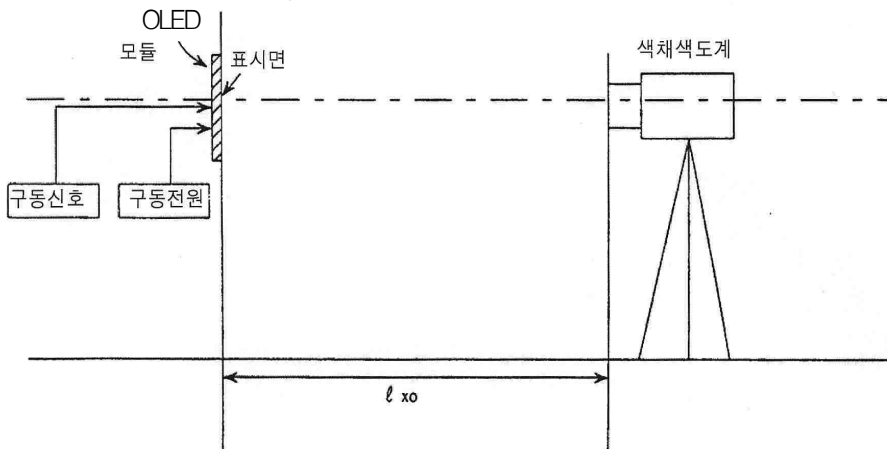
측정점	x_i	Δx	y_i	Δy
P ₀	0.282	0.000	0.282	0.000
P ₁	0.280	-0.002	0.283	+0.001
P ₂	0.278	-0.004	0.280	-0.002
P ₃	0.297	-0.003	0.285	+0.003
P ₄	0.282	0.000	0.283	+0.001
P ₅	0.277	-0.005	0.279	-0.003
P ₆	0.274	-0.008	0.276	-0.006
P ₇	0.283	+0.001	0.282	0.000
P ₈	0.280	-0.002	0.285	+0.003
표준 관시 거리 = 50 cm				

3.2.3. 색좌표의 측정

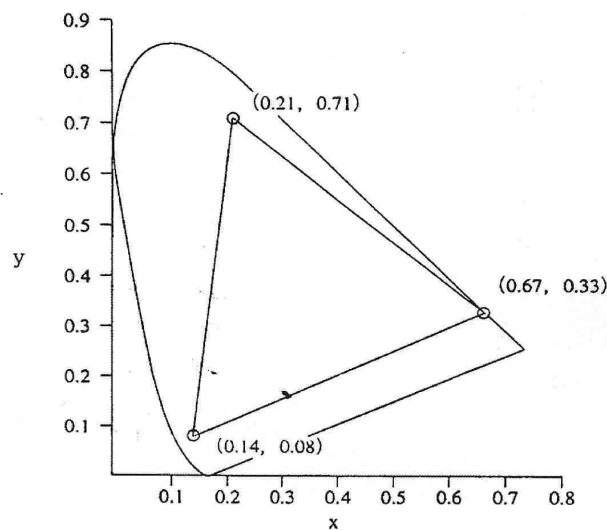
OLED 모듈의 색 재현 범위를 측정하기 위해 다음의 장치를 이용한다.

- (1) 구동 전원
- (2) 구동 신호 장치
- (3) 색채 색도계

OLED 모듈의 색 재현 범위를 측정하기 위해서 OLED 모듈을 표준 측정 상태에 두고, 주위로부터의 입사광이 없는 상태로 한다(암실 조건). <그림 6>에 배치도를 나타낸다. 칼라 신호의 R, G, B에 해당하는 단색 신호에서 변조한 시험 입력 신호를 콘트라스트비가 최대 로 되도록 OLED 모듈에 추가한다. R 신호를 입력하고, 색채 색도계에서 화면 중앙의 색도 좌표를 측정하고, R_x , R_y 로 한다. 동일한 방법으로 G 신호를 입력했을 때의 색도 좌표를 G_x , G_y , B 신호를 입력했을 경우의 색도 좌표를 B_x , B_y 로 한다. 모든 좌표는 CIE 좌표 계를 기준으로 하며, 색도 그림상의 (R_x, R_y) , (G_x, G_y) , (B_x, B_y) 를 직선으로 연결하여, 색의 재현 범위를 나타낸다. 측정 결과의 예를 <그림 7>에 나타낸다.



<그림 6> 배치도(수평 방향의 예)



[그림 7] 색좌표의 측정결과 예

<표 3> 환경시험 항목, 시험조건 및 판정기준

순	시험항목	시험조건	판정기준	시료수	허용 고장수																								
1	고온시험	(1) 시험온도 : (80 ± 3) °C (2) 유지시간 : 96시간	전기 광학 특성 -소비전류, 휘도, 색좌표, 화질검사 -를 만족하여야 함.	3	0																								
2	저온시험	(1) 시험온도 : (-30 ± 3) °C (2) 유지시간 : 96시간		3																									
3	고온고습 시험	(1) 시험온도 : (60 ± 3) °C (2) 시험습도 : (90 ± 3) % R.H. (3) 유지시간 : 96시간		5																									
4	고온동작 시험	(1) 시험온도 : (60 ± 3) °C (2) 동작시간 : 96시간		3																									
5	저온동작 시험	(1) 시험온도 : (-20 ± 3) °C (2) 동작시간 : 96시간		3																									
6	온도변화 시험 (온도 급변)	(1) 고온 : (85 ± 3) °C (2) 저온 : (-40 ± 3) °C (3) 온도유지시간 : 0.5시간 (4) 사이클 : 30사이클		3																									
7	정전기 방전시험	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>기계방전모델 (MM)</th> <th>인체방전모델 (HBM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>충전용량</td> <td>200 pF ± 10 %</td> <td>100 pF ± 10 %</td> </tr> <tr> <td>방전저항</td> <td>0 Ω</td> <td>1 500 Ω ± 1 %</td> </tr> <tr> <td>시험수준</td> <td>·다음 값 중 선택 -100, 200, 400 V</td> <td>·다음 값 중 선택 -250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 V</td> </tr> <tr> <td>시험회수</td> <td>각 5회</td> <td>각 5회</td> </tr> <tr> <td>방전간격</td> <td>1초</td> <td>1초</td> </tr> <tr> <td>펄스파형</td> <td>정극성 및 부극성</td> <td>정극성 및 부극성</td> </tr> <tr> <td>방전부위</td> <td colspan="2">글라스 패널 중앙부 또는 OLED 모듈 Pad에 방전(직접 또는 공기 중)</td> </tr> </tbody> </table>				기계방전모델 (MM)	인체방전모델 (HBM)	충전용량	200 pF ± 10 %	100 pF ± 10 %	방전저항	0 Ω	1 500 Ω ± 1 %	시험수준	·다음 값 중 선택 -100, 200, 400 V	·다음 값 중 선택 -250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 V	시험회수	각 5회	각 5회	방전간격	1초	1초	펄스파형	정극성 및 부극성	정극성 및 부극성	방전부위	글라스 패널 중앙부 또는 OLED 모듈 Pad에 방전(직접 또는 공기 중)		3
				기계방전모델 (MM)		인체방전모델 (HBM)																							
		충전용량	200 pF ± 10 %	100 pF ± 10 %																									
		방전저항	0 Ω	1 500 Ω ± 1 %																									
		시험수준	·다음 값 중 선택 -100, 200, 400 V	·다음 값 중 선택 -250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 V																									
		시험회수	각 5회	각 5회																									
		방전간격	1초	1초																									
		펄스파형	정극성 및 부극성	정극성 및 부극성																									
방전부위	글라스 패널 중앙부 또는 OLED 모듈 Pad에 방전(직접 또는 공기 중)																												
8	정현파 진동시험	(1) 시험주파수 : (10 ~ 55) Hz (2) 가 속 도 : 15 m/s ² (1.5 g) (3) 스위프속도 : 1옥타브/분 (4) 시점기간 : 1시간/각 축, 3 축(X,Y,Z)	3																										

3.2.4. 화질검사

OLED 모듈의 화질불량을 검사하기 위해 OLED 모듈을 구동시킨 상태에서 제품의 구동 불량, 점 결함 및 선 결함 등 기타 결함, 잔상 불량을 검사하기 위해 육안검사 한다. 검사기준은 시험품의 제품사양에 따른다.

3.3. 환경시험

환경시험의 시료는 <표 1>에 나타나 있는 성능시험의 각 조건으로 시험 후 겉모양의 현저한 이상이 없고 각 항목을 만족하여야 한다. OLED 모듈의 환경시험은 <표 3>의 시험항목과 시험조건으로 시행하며, 고장 판정 기준은 소비전류, 휘도, 색좌표, 화질검사에 대한 제품사양 기준을 만족하여야 한다.

3.3.1 고온시험

KS C 0221(2004) 및 IEC 60068-2-2(2007)에서 규정하는 발열이 있는 시험품에 대한 완만한 온도변화를 수반하는 고온시험 방법을 따른다. 조 내 온도를 시험실 내 온도로 하고, 시험품을 조 내에 넣는다. 조 안의 온도를 $(80 \pm 3)^\circ\text{C}$ 로 올리고 시험품이 온도 안정에 도달할 때 까지 방치한 후, 시험품을 96시간 동안 고온상태에서 유지한다. 시험 시간은 온도 안정에 도달한 시점에서 측정한다. 규정된 시간동안 유지 후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 내린다. 조 내의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1°C 를 넘지 않도록 한다. 후처리로 시험품을 온도 안정에 도달하기 위해 적어도 1시간(최대 2시간) 표준상태에 방치한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 겉모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

3.3.2 저온시험

KS C 0220(2004) 및 IEC 60068-2-1(2007)에서 규정하는 발열이 있는 시험품에 대한 완만한 온도변화를 수반하는 저온시험방법을 따른다. 조 내 온도를 시험실 내 온도로 하고, 시험품을 조 내에 넣는다. 조안의 온도를 $(-30 \pm 3)^\circ\text{C}$ 로 내리고 시험품이 온도 안정에 도달할 때 까지 방치한 후, 시험품을 96시간 동안 저온상태에서 유지한다. 시험 시간은 온도 안정에 도달한 시점에서 측정한다. 규정된 시간동안 유지 후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 올린다. 조 내의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1°C 를 넘지 않도록 한다. 후처리로 시험품을 온도 안정에 도달하기 위해 적어도 1시간(최대 2시간) 표준상태에 방치한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 겉모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

3.3.3 고온고습시험

KS C 0222(2005)에서 규정하는 안정상태의 내습성 시험방법을 따른다. 조 내 온도를 시험실 내 온도로 하고 시험품을 시험조에 넣는다. 조 안의 온도와 상대습도를 (60 ± 3) °C, (90 ± 3) % R.H.로 올리고 시험품이 안정에 도달할 때 까지 유지한 후, 온도 안정에 도달한 시점부터 96시간 동안 고온고습상태에서 유지한다. 시험 시간은 온도 안정에 도달한 시점에서 측정한다. 규정된 시간동안 유지 후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 올린다. 조 내의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1 °C를 넘지 않도록 한다. 후처리로 시험품을 온도 안정에 도달하기 위해 적어도 1시간(최대 2시간) 표준상태에 방치한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 겉모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

3.3.4 고온동작시험

KS C 0221(2004) 및 IEC 60068-2-2(2007)에서 규정하는 발열이 있는 시험품에 대한 완만한 온도변화를 수반하는 고온시험 방법을 따른다. 조 내 온도를 시험실 내 온도로 하고, 시험품을 조 내에 넣는다. 각 시험품에 정격전류를 인가한 후 조 안의 온도를 (60 ± 3) °C로 올리고 시험품이 온도 안정에 도달할 때 까지 방치하여 96시간 동안 고온상태에서 유지한다. 시험 시간은 온도 안정에 도달한 시점에서 측정한다. 규정된 시간동안 유지 후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 내린다. 조 내의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1 °C를 넘지 않도록 한다. 후처리로 시험품을 온도 안정에 도달하기 위해 적어도 1시간(최대 2시간) 표준상태에 방치한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 겉모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

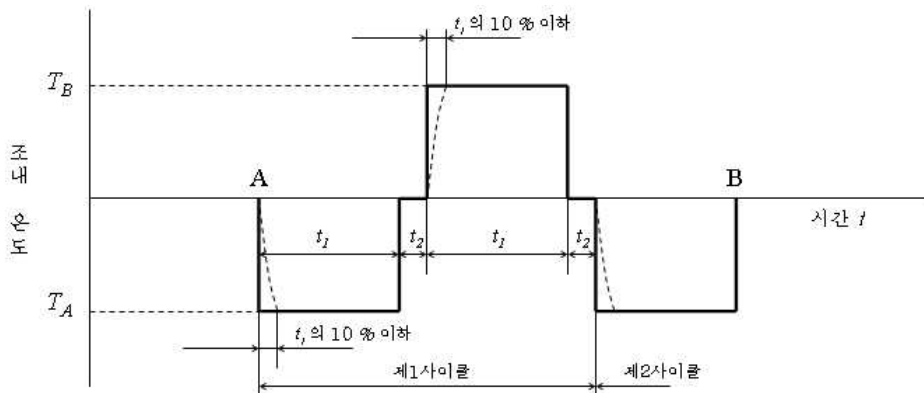
3.3.5 저온동작시험

KS C 0220(2004) 및 IEC 60068-2-1(2007)에서 규정하는 발열이 있는 시험품에 대한 완만한 온도변화를 수반하는 저온시험방법을 따른다. 조 내 온도를 시험실 내 온도로 하고, 시험품을 조 내에 넣는다. 각 시험품에 정격전류를 인가한 후 조안의 온도를 (-20 ± 3) °C로 내리고 시험품이 온도 안정에 도달할 때 까지 방치하여 96시간 동안 저온상태에서 유지한다. 시험 시간은 온도 안정에 도달한 시점에서 측정한다. 규정된 시간동안 유지 후 시험품을 조 안에 둔 채, 조 안 온도를 표준상태의 범위 내까지 서서히 올린다. 조 내의 온도변화 비율은 5분 이내의 평균으로 매분 1 °C를 넘지 않도록 한다. 후처리로 시험품을 온도 안정에 도달하기 위해 적어도 1시간(최대 2시간) 표준상태에 방치한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 겉모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

3.3.6 온도변화시험(온도급변)

KS C 0225(2006)에서 규정하는 온도 급변 시험방법을 따른다. 본 시험은 저온 및 고온의 2개의 조를 사용한다. 2개의 조는 시험기준에 규정된 시간 내에 1개의 조에서 다른 조로 시험품을 옮길 수 있는 위치로 한다. 바꿔 옮기는 방법은 자동이동 방법을 사용한다. 1개의 조에서 그 조 내 온도를 저온 및 고온으로 변화할 수 있는 시험장치(1조식 자동시험기)를 사용하여도 좋다. 이 경우, 이 기준에서 바꿔 옮기기란 조 내 온도를 저온 또는 고온으로 바꿀 수 있음을 뜻한다.

저온조의 조 내 온도를 규정된 저온 (-40 ± 3) °C로 조정하고 그 안에 시험품을 넣은 후 조내 온도 (-40 ± 3) °C를 규정의 유지시간 30분으로 유지한다. 시험품을 조에 넣은 후 온도가 안정될 때까지의 시간은 30분에 포함된다. 즉, 유지시간 30분은 시험품을 조 내에 넣은 때로부터 한다. 시험품의 저온조에서 고온조로 옮기는 시간 t_2 은 10초 이내로 한다. 고온조의 조 내 온도를 규정된 고온 (85 ± 3) °C로 조정하고 그 안에 시험품을 넣은 후 조내 온도 (85 ± 3) °C를 규정의 유지시간 30분으로 유지한다. 시험품을 조에 넣은 후 온도가 안정될 때까지의 시간은 30분에 포함된다. 이상의 순서를 1 사이클로 하여 규정된 사이클 회수만큼 반복한다.



<그림 8> 온도급변 온도변화시험의 사이클 구성

3.3.7 정현파진동시험

KS C 0240(2008) 정현파 진동시험방법을 따른다. 진동의 엄격도는 3개의 파라미터, 즉 진동 주파수, 진동의 강도 및 내구 시험시간(시험 방향에 따른 스위프 사이클 또는 시간)의 조합으로 규정한다. 본 기준에서는 진동 주파수 범위 (10 ~ 55) Hz, 가속도 15 m/s² 스위프 속도 1 옥타브/분을 엄격도로 하여 서로 직각인 3 축 X, Y, Z에 대하여 1 시간/각축 시험한다. 진동수의 허용차는 KS C 0240에 따라 기준점 제어 신호의 진폭 허용차는 15

%로 한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 결모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

3.3.8 정전기방전시험

IEC 60749-26(2006), IEC 60749-27(2006)에서 규정하는 정전기 방전 내구성 시험 방법을 따른다. 기계방전모델(MM)인 경우에는 IEC 60749-27(2006)을 따르며 에너지 축적용 콘덴서 200 pF \pm 10 %와 방전저항 0 Ω 을 규정된 시험규격에 맞게 연결하고 100, 200, 400 V 수준 중 하나의 수준으로 정극성 및 부극성으로 각 5 회 직각으로 인가한다. 인체방전모델(HBM)의 경우에는 IEC 60749-26(2006)을 따르며 에너지 축적용 콘덴서 100 pF \pm 10 %와 방전저항 1 500 Ω 을 규정된 시험규격에 맞게 연결하고 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 8 000 V 수준 중 하나의 수준으로 정극성 및 부극성으로 각 5회 직각으로 인가한다. 방전부위는 글라스 표면 중앙부 또는 OLED 모듈의 Pad에 직접 또는 공기 중 방법으로 방전한다. 시험 후 시험수준에 대해서는 보고서에 기재한다. 시험 후 제품기준에 따라서 시험품의 결모양을 육안으로 조사하고, <표 3>의 판정기준을 만족하여야 한다.

4. B10수명 보증을 위한 가속수명시험

본 절에서는 OLED 모듈의 B10 수명이 일정수준 이상임을 보증할 수 있는 가속수명시험 방법에 대해 설명한다. 대상 부품의 수명 분포는 마모고장 형태의 고장시간을 모델링 할 수 있도록 와이블 분포를 가정하였다.

4.1 수명-스트레스 모델

유기물의 열화는 온도와 전압에 의해 발생하며, 고장분포는 와이블 분포를 따른다 (산업자원부 (2006)). 따라서 온도 가속에 의한 수명-스트레스 관계식은 아레니우스(Arrhenius) 모델을 적용하고, 전압에 의한 수명-스트레스 관계식은 역누승 모델(Inverse Power Model)을 적용한 복합 스트레스 모델을 적용하였다. 가속계수의 산출을 위한 수명-스트레스 모델은 식 (1)의 복합 스트레스 모델을 적용하였다.

$$L(T, V) = A \cdot \exp\left(\frac{E}{kT}\right) \cdot (V)^{a_2} = \exp\left(a_0 + a_1\left(\frac{1}{kT}\right) + a_2 \ln(V)\right) \quad (1)$$

식 (1)의 양변에 로그를 취하면 다음과 같은 대수선형식으로 표현될 수 있다.

$$\ln(L(T, V)) = a_0 + a_1\left(\frac{1}{T}\right) + a_2 \ln(V) \tag{2}$$

$$L(T, V) = \exp(a_0) \cdot \exp\left(a_1\left(\frac{1}{T}\right)\right) \cdot V^{a_2} \tag{3}$$

여기서 L은 OLED 휘도의 50% 반감 수명, T는 절대온도(K), V는 전압(V), E는 활성화 에너지(eV), k는 기체 상수(8.6173 × 10⁻⁵ eV/°C) 그리고 A, a₀, a₁, a₂,는 상수이다.

4.2 자료의 통계적 처리 및 가속계수 산출

가속계수(Acceleration Factor, AF) 산출을 위해 2개의 온도조건과 2개의 전압 조건을 이용하여 2 × 2 매트릭스 시험을 진행한다. 온도조건은 60, 85 °C를 적용하거나, 시료의 특성을 고려하여 변경하여 적용할 수 있으며, 전압조건은 Vccmax(OLED 모듈 제품사양의 최대(max) 휘도 발광을 위한 구동전압)와 2 · Vcctypical(OLED 모듈 제품사양의 정격(typical) 휘도의 2배 휘도 발광을 위한 구동전압)를 적용하여 4가지 조건의 시험을 진행한다. 각각의 시험으로부터 50% 휘도 반감기까지의 시간을 측정하여 고장시간으로 판정하고, 고장시료 수는 10개 시료 중 최소 5개 이상 고장발생까지 시험한다.

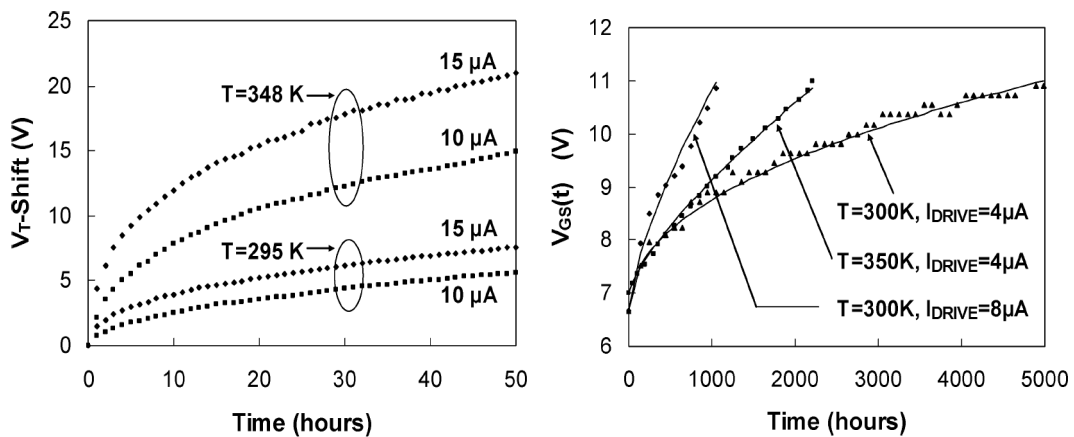
시료별 고장 발생의 확률분포는 와이불(Weibull) 분포를 적용하였으며, 와이불 확률용지에 시험조건별 고장시간을 타점하여 형상모수(β) 및 척도모수(η)를 구하고 예비시험으로부터 구한 고장 데이터를 ALTA 등을 이용하여 분석하여 식 (2)와 (3)의 상수 값인 a₀, a₁, a₂와 형상모수(β)를 구한다. 식 (3)으로부터 다음의 식 (4)를 유도할 수 있으며, 이로부터 가속계수(AF)를 구한다. 가속계수는 수명시험에 사용된 온도와 전압 조건을 대입하여 수명 시험에 대한 가속계수를 구한다. 여기서 T_d는 실사용 온도, T_a는 가속조건 온도, V_d는 실사용 구동전압(Vcctypical) 그리고 V_a는 가속조건 전압(Vccmax)을 나타낸다. 단, 온도는 절대온도를 나타낸다.

$$AF(T, V) = \exp\left(a_0\left(\frac{1}{T_d} - \frac{1}{T_a}\right)\right) \cdot \left(\frac{V_a}{V_d}\right)^{a_2} \tag{4}$$

4.3 시험 온도

일반적으로 높은 전기적 스트레스는 반도체의 가속시험에 사용되며, 높은 게이트 전압과 드레인 전류는 회로의 짧은 수명을 유발한다. 또 다른 시험방법으로 고온에서의 시험이다. OLED의 수명과 직접적인 관련이 있는 유기물의 열화, 임계전압(threshold voltage)의 변화는 온도가 증가함에 따라 증가하게 된다. 따라서 고온에서 정격전류를 인가하여 시간에 따른 휘도의 변화(또는 임계전압의 변화)를 관찰하면 OLED의 수명을 관찰할 수 있다. 그

러나 100 °C이상의 고온에서 수명시험을 진행하는 경우 OLED의 자체수명 보다는 defect annealing, 절연열화(insulation degradation)와 같은 2차적인 결함에 의한 고장을 유발할 수 있다. 그러므로 가속시험을 진행하는 경우 통상 75 °C 이하에서 시험해야 한다 (Sakariya 등(2005)). <그림 9>는 비정질 실리콘을 사용한 OLED의 온도, 전류에 따른 임계전압의 변화를 나타낸 것이다. 물론 현재 상용화된 OLED는 다결정 실리콘 재질의 경우 임계전압의 변화는 크지 않지만 온도와 인가전류에 의한 열화특성을 이해할 수 있다. 따라서 본 가속수명 시험기준에서는 관련근거에서 제시하는 최대온도를 반영하여 75 °C로 설정하였다.



<그림 9> 온도와 인가전류에 따른 비정질 Si를 이용한 OLED 임계전압의 변화

4.4. 보증수명 및 가속수명시험 시간 결정

국내 휴대폰 제조업체의 조사결과를 보면 하루 평균 2.3시간을 사용하는 것으로 나타났다. 세부내용으로는 통화 중 대기전류가 인가되어 디스플레이 동작시간 19분, 멀티미디어 동작시간 120분을 합산하면 1일 평균 139분의 디스플레이 동작시간이 산출된다. 실사용 조건으로 5년을 사용할 경우 총 사용시간은 약 4 300시간이 산출된다. 따라서 보증하고자 하는 B10 수명을 4300시간 (약 5년)으로 정하였다.

OLED의 가속수명시험을 위한 온도를 75°C로 정하였다, 따라서 OLED의 실제 사용온도가 25°C이므로 4.3에서 설명한 방법에 의하여 가속계수를 구할 수 있다.

$$AF(T, V) = \exp\left(a_0\left(\frac{1}{25+273} - \frac{1}{75+273}\right)\right) \cdot \left(\frac{V_{cc_{max}}}{V_{cc_{typic}}}\right)^{a_2}$$

따라서 실사용 조건에서 B10수명 4 300을 보증하기 위한 시험시간은 위의 식으로부터 구한 AF로 4 300시간을 나누어 도출된 값을 수명시험의 시험시간으로 사용하도록 하였다. 예를 들어, AF=5인 경우, 시험시간은 4 300/5 = 860시간이 된다..

4.5. B10 수명 보증을 위한 근거 및 시료 수

시료 수는 수명 분포로서 와이블 분포를 적용하여 다음과 같은 식에 의하여 22개로 결정하였다. 시료수를 결정할 때 보증 하고자 하는 수명 수준과 시험시간을 동일하게 결정하였기 때문에 형상모수에 영향을 받지 않으며 신뢰수준은 90 %, 허용 고장 수는 0 으로 결정하였다. 단, n 은 시료 수, τ^* 는 보증하고자 하는 B10 수명, T 는 시험시간, β 는 와이블분포의 형상모수이다 (김명수 외 (2001).

$$n \geq (\tau^*/T)^{\beta} \times \chi_{0.1}^2(2)/2 \times \{1/\ln(1-0.1)\}^{-1}$$

4.6. 시험조건 및 판정기준

시험조건 및 판정기준은 <표 4>과 같다. 시험 조 내부 온도를 (75 ± 3) °C로 하고, 6.4.5에 따른 시험시간 동안 시험한 후 허용기준을 만족하는 경우, 신뢰수준 90 %에서 OLED 제품의 B10 수명이 4 300시간(사용온도 25 °C, 동작전압 Vcctypical)임을 보증한다.

<표 4> 가속수명시험

시험항목	시험조건	판정기준	시료수	허용 고장수
가속수명 시험	(1) 온도 : (75 ± 3) °C (2) 시험시간 : 4.4에 따름 (3) 동작조건 : Vccmax와 아래의 조건에 따름	(1) 판정기준 : 제품사양에 따름 (2) 측정항목 : 소비전류, 휘도, 색좌표, 화질검사	22	0

OLED모듈에 대한 가속수명시험을 실시할 때, OLED의 동작조건은 기본 신호 레벨의 100 %인 백색 화면으로 동작한다. 시험 제품의 용도에 따라 다른 휘도 레벨이 사용될 수 있다. 휘도 적용 예로 최대 전면 백색 휘도의 15 %(TV), 20 %(카메라), 30 %(휴대폰) 밝기를 사용하거나 제품사양을 적용할 수 있으며, 적용된 휘도레벨은 보고서에 기록하여야 한다.

5. 결론

소형 유기 발광 다이오드(OLED)는 휴대전화나 카오디오, 디지털카메라와 같은 소형기기의 디스플레이에 주로 사용하고 있는 것으로 정보기기가 소형화됨에 따라서 이 제품의 신뢰성이 완성된 제품의 신뢰성에 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 OLED의 신뢰성을 평가하기 위한 기준이 필요하며 본 논문에서는 OLED의 B10수명을 보증하기 위한 가속시험방법의 절차 및 필요한 사항에 대하여 언급하였다. 본 논문에서 제시된 방법을 유사한 제품에 적용하기 위해서는 제품에 적용되는 구체적인 값들을 주어진 식에 대입하면 시료의 수나 수명시험시간 등과 같이 시험에 필요한 값들을 구할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김명수, 유동수(2001), "신뢰성평가를 위한 기본 개념과 시험조건 결정", 제2회 부품·소재 신뢰성 워크샵.
- [2] 산업자원부(2006), "OLED Panel의 고장분석 및 가속수명시험을 통한 신뢰성향상" 과제보고서, 2006년 산업자원부 부품소재 신뢰성기반기술확산사업.
- [3] Kapil Sakariya, Clement K. M. Ng, Peyman Servati(2005), Accelerated Stress Testing of a-Si:H Pixel Circuits for AMOLED Displays, IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. 52, No.12, pp.2577-2583.
- [4] IEC 60068-2-1(2007), Environmental testing - Part 2-1: Tests - Test A: Cold .
- [5] IEC 60068-2-2(2007), Environmental testing - Part 2-2: Tests - Test B: Dry heat.
- [6] IEC 60749-26(2006), Semiconductor devices-Mechanical and climate test methods-Part 26: Electrostatic discharge(ESD) sensitivity testing-Human body model(HBM)
- [7] IEC 60749-27(2006), Semiconductor devices-Mechanical and climate test methods-Part 27: Electrostatic discharge(ESD) sensitivity testing-Machine model(MM)
- [8] KS C 0220(2004), 환경 시험 방법-전기·전자-저온(내한성) 시험 방법
- [9] KS C 0221(2004), 환경 시험 방법-전기·전자-고온(내열성) 시험 방법
- [10] KS C 0225(2006), 환경 시험 방법-전기·전자-온도 변화 시험 방법
- [11] KS C 0222(2005), 환경 시험 방법 (전기 , 전자) 고온 고습 시험 방법
- [12] KS C 0240(2008), 환경 시험 방법 (전기 , 전자) 정현파 진동 시험 방법