

LCD BLU 광원용 LED chip level의 수명시험 및 고장모드 분석

박승현, 임수현, 황남*, 조용익
한국광기술원 기술혁신팀, LED모듈팀*

Life time test & Failure mode analysis of LED chip level for LCD back lighting unit

Park Seung Hyun, Lim Sue Hyun, Hwang Nam*, Cho young ick
Korea Photonics Technology Institute, Technical diffusion team, LED module Team*

Abstract - LCD BLU에 광원의 수명을 측정하고, 고장모드를 분석하기 위해서는 광원을 구성하고 있는 각각의 성분 중에서 광원 자체를 구성하고 있는 R/G/B 광원에 대한 Burn-in test 및 고장모드를 분석하였다. LCD BLU에 있어서 R/G/B LED광원의 역할은 BLU 자체의 수명과 성능에 가장 큰 영향을 미친다. 서로 각각 사용조건하에서의 수명과 성능의 차이에 따라서 BLU 자체의 수명이 결정된다. 이를 평가하기 위해 LED device에 대한 가속수명테스트를 위한 Burn-in test를 실시하였으며, 발생한 고장모드를 분석하였다. 분석결과 누설전류 증가로 인한 불량량이 주로 발생하였다. 누설전류 증가를 평가하기 위해 Photo emission microscope(PHEMOS-1000, MoDooTEK Inc.)을 이용하여 저전류에서의 LED chip의 누설전류에 의한 발광을 관찰함으로써 인해, LED chip의 신뢰성 및 평가 기준이 됨을 알 수 있다.

낮은 열저항 값을 갖는 패키지를 제작하였다. LED 패키지는 두가지를 고려하였다. LED 패키지는 chip을 보호하고, 광추출 효율을 증가시키는 역할을 위해 플라스틱 혹은 실리콘 재질로 보호한다. 이 때 보호된 LED 패키지의 수명에서는 플라스틱 재질에서의 수명저해요인이 발생한다. 이로 인해 chip level에서의 패키지 수명이 정확하게 정의가 되지 않게 된다. 또한 패키지의 반사메탈로 적용되는 Ag반사막은 공기 중에 노출 시 산화에 의한 반사도 감소가 이루어지므로, 이를 제거하기 위해 Au 반사막을 채용하였다. 두 번째는 패키지의 열특성을 향상하기 위해 Cu Metal heat sink위에 직접 LED chip을 Ag 접착제를 사용하여 접합하였다. Cu metal heat sink와 Au layer와의 접합성을 유지하고, Cu의 침으로 확산에 의한 신뢰성을 저해하기 위해 Ni 접합층을 lum 도금처리 하였다. 디바이스는 metal PCB와 Au wire를 사용하여 접합하였다. 제작된 LED 패키지의 열특성은 표1에 나타나 있다. 이를 통해 외부온도와 인가전력에 따른 Junction 온도를 구할 수 있게 된다.

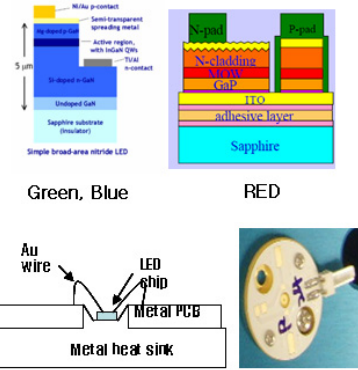
1. 서 론

발광다이오드(Light-emitting diodes, LED)는 고효율의 발광, 긴 동작 수명, 다양한 제품에 응용가능하다는 장점으로 최근 신호등과 같은 표시 소자에서부터 가로등, 자동차 전조등에 적용되어 왔으나, 최근 LED로 R,G,B color 구현이 가능하게 되고 이를 적용하여 LCD Back lighting unit에 적용되고 있어, 그 영역은 일반조명에 까지 적용 가능한 수준에 이르고 있다. LED를 LCD BLU에 적용하면 여러 가지 장점을 기존의 CCF방식에 비해 가지게 된다. 첫 번째는 R, G, B 각각의 LED를 혼합한 후 백색을 제작하는 광원을 이용하면, 높은 색재현성으로 기존 LCD에서 재현가능한 색상보다 많은 색을 재현할 수 있으므로, LCD 화면의 선명도를 높일 수 있는 장점이 있다. 두 번째는 빠른 응답속도로 인한 화면 Blur 효과가 억제되므로, 빠른 응답이 요구되는 화면에서 우수한 특성을 나타내고 있다. 이러한 이유로 R, G, B를 채용한 LCD BLU가 확대되고 있으나, 현재 BLU의 수명 및 신뢰성에 대한 기준은 마련되어 있지 않다. 그 이유는 LCD BLU 광원에 사용되는 LED chip의 신뢰성이 각각 다르고, 평가 가능한 특성은 LED chip 자체에 대한 정보를 제공하지 않는다. BLU 신뢰성을 측정하고자 하는 경우 BLU를 구성하고 있는 각각의 구성요소에 대한 신뢰성을 파악되어야 한다. 이 중 신뢰성 및 수명에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 LED chip이며, 이에 대한 평가가 요구된다. 이에 대한 평가 방법은 가속수명시험법이 있다. 가속수명시험법은 기준조건 보다 가속한 조건에서 제품을 평가하여, 가속조건에서 관측된 데이터 분석 및 수명과 스트레스 관계를 이용해 특정 사용조건하에서 제품의 수명과 성능을 보장할 수 있는 테스트이다. 그러나 LED는 특성상 100,000시간에 이르는 높은 수준의 신뢰성을 가지고 있으므로 평가에 장시간의 테스트가 소요된다. 이를 단축하기 위해 높은 수준의 가속조건이 요구되고, 이를 구현하여 가속수명시험을 실시하여, LCD LED BLU의 제품의 수명과 성능 및 고장모드를 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 LED chip level 신뢰성 시험 테스트 준비

LED chip level 신뢰성 시험 테스트에 적용되는 부품들은 그림 1에서와 같이 Green/Blue chip은 사파이어 기판위에 형성된 MOCVD 기법이 적용된 GaN LED 이며, Red는 wafer bonding 기법을 적용하여, 사파이어 기판과 AlGaInP 과 접합시켰다. 이러한 디바이스의 신뢰성 시험 테스트를 하기 위해서 bare 상태의 LED PKG를 제작하였다. 기존의 패키지 TO-18 type 메탈 패키지는 340K/W 으로 열저항 값이 높다.[1] TO-18 타입의 메탈패키지로 LED chip을 테스트 하는 경우 특성의 신뢰성을 평가하기 위해서는 GaN LED의 긴 수명 때문에 많은 시간이 소요된다. 이 시간을 단축시키기 위해서 높은 수준의 가속수명시험을 하는 경우 sudden degradation이 발생하게 될 수 있다. 이를 억제하기 위해



신뢰성 측정용 LED 패키지

<그림 1> 신뢰성 시험 테스트 LED device 구조 및 PKG신뢰성 시험 테스트 LED device 특성

2.1.1 LED chip 특성 평가 및 Burn -in test

총 LED chip device 는 R,G,B 각각 24,20,47ea 씩 LED 패키지에 Ag paste로 die bonding을 하였고, MPCB와 Au wire bonding으로 PKG와 연결하였다. 제작 한 후 각각의 패키지는 전기적 특성, 광도에 대한 특성성을 평가하였다. 이에 따라 R,G,B chip의 특성은 표1에 처럼 광도 값은 12, 18, 36mW 값을 가지고 있다. 열저항은 MicRed 사의 Te3ster 장비를 사용하여 측정하였다.

제작된 R,G,B 패키지의 Tj[junction-ambient] 온도는 각각 65,35,35K/W 값을 가지고 있으며, 이는 기존 TO-18 메탈 타입의 패키지에 비해 1/10 정도의 열저항 값을 가지고 있으므로, 가속한 조건에서도 정상 동작이 가능하다.

칩두께	개수	Tj[j-A]	Vf[V]	Optical power
Red[630nm]	24	65K/W	2.32@35mA	12mW
Blue[445nm]	47	35K/W	3.3@80mA	36mW
Green[525nm]	20	35K/W	3.7@80mA	18mW

<표1> 신뢰성 시험 테스트 LED 평가 개수, 열저항 및 LED device

수명시험테스트를 실시하기 전 제품의 이상여부를 확인하고, 정상상태의 샘플을 추출하기 위해 Burn-in test를 실시하였다. Burn-in test 조건은 R,G,B 각각 30mA, 70mA, 70mA의 정전류를 인가하면서 90C의 고온분위기 오븐내에서 500시간을 실시하여, 제품의 특성을 평가하였다.

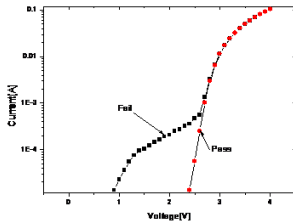
2.2. Burn-in test 결과

Burn-in test에 의해 LED chip의 특성평가를 위해서 초기광도값에서 50%변화, 순방향전압의 10% 증가, -5V에서의 누설전류 증가의 3가지 요인으로 인해 평가하였다. 이 중 표 2에서와 같이 광도 및 순방향전압에 대해서는 degradation의 변화가 발생하지 않았으며, 이로 인한 burn-in 고장모드는 발생하지 않았다.

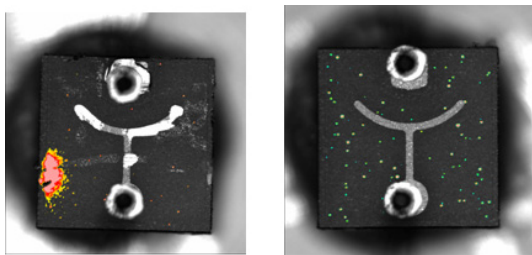
	optical power		Vf		수량	
	initial	500hr	initial	500hr		
Green	평균	0.015865	0.017311	3.69925	3.743737	20
	표준편차	0.003947	0.002044	0.157904	0.053559	
Blue	평균	0.035617	0.03076	3.33834	3.332652	47
	표준편차	0.002182	0.004945	0.02485	0.023982	
Red	평균	0.012192	0.012354	2.296708	2.310958	24
	표준편차	0.000848	0.000795	0.037026	0.041474	

〈표2〉 Burn-in test 결과 및 특성 비교

LED chip의 누설전류에 의한 chip의 특성을 평가하기 위해 Emission microscope로 LED의 저전류에 의한 발광도를 측정하였다. LED는 저전류에서는 비발광전이가 주도적으로 발생하게 된다. 이로 인해 발광이 이루어지지 않으나, 누설전류가 발생하면 누설전류에 의해 특정지역에서 발광이 이루어진다.[2] 누설전류에 의한 특성 변화는 I-V 특성곡선에서 평가할 수 있다. 그림3과 4에서는 누설전류에 의한 I-V특성곡선의 변화와 누설전류에 의한 발광위치 변화를 판단할 수 있다.



〈그림 3〉 누설전류에 따른 I-V 특성곡선 차이



〈그림 4〉 Photoemission microscope에 의한 누설전류 불량 LED의 누설전류에 의한 발광 위치 및 정상샘플의 발광 모습

3. 결 론

LCD BLU 광원으로 사용되는 R/G/B LED chip에 대해 수명시험테스트를 위한 Burn-in test 및 초기 특성평가를 실시하였다. 이 평가를 통해 LED chip의 가속수명시험을 위한 LED chip의 특성을 평가할 수 있었으며, 누설전류에 의한 고장모드를 분석할 수 있었다. 향후 가속수명시험에 의한 R/G/B LED chip에 대한 각각의 수명 및 성능데이터 확보하고자 한다.

[참 고 문 헌]

[1] Simone Levada, Matteo Meneghini, Gaudenzio Meneghesso, Member, IEEE and Enrico Zanoni, Senior Member, IEEE, "Analysis of DC Current Accelerated Life Tests of GaN LEDs Using a Weibull-Based Statistical Model", IEEE transactions on device and materials reliability, VOL. 5, NO. 4, DECEMBER 2005

[2] G. Meneghesso, S. Levada, E. Zanoni, G. Scamaricio, G. Mura, S. Podda, M. Vanzi, S. Du, I. Eliashevich, "Reliability of visible GaN LEDs in plastic package", Microelectronics Reliability 43, p.1737, 2003