



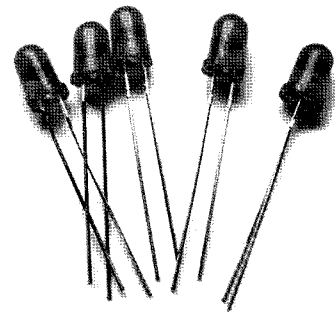
# LED 컨버터 외장형 램프의 신뢰성 평가



박 창 규 박사  
한국조명기술연구소 신뢰성평가센터

## 1. 서론

반영구적인 수명, 저소비전력, 안정성 그리고 환경 친화적인 장점을 지니고 있는 LED의 응용분야는 모바일기기, 자동차, 전자제품, 간판광고 및 농수산업 등의 특수조명과 일반조명분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 LED를 적용한 조명기기를 개발·판매하며 LED 조명기기도 40,000~50,000 시간 정도의 수명이 보증한다고 표시하고 있지만, 기존 조명제품에 비해 성능이나 신뢰성이 어느 정도인지 비교 분석내용은 많지 않은 실정이다. 현재 LED 조명기기의 신뢰성평가기준은 제정되어 있지



않으며, 일반조명에서의 신뢰성평가기준과 LED 패키지 신뢰성평가기준을 준용하여 적용하고 있다. LED에 대한 신뢰성평가기준은 표시·신호용에 주로 적용되고 있는 LED에 대하여 2004년 「고휘도 발광다이오드」(RSC0047)와 조명용에 주로 적용되고 있는 2009년 「조명용 Power LED」(RSC0153) 신뢰성평가기준이 제정되어 시행되고 있다. 그리고 조명용 LED 조명기기 및 구동장치 등의 안전, 성능기준은 2009년 KSC 7651~7659 까지 7654를 제외하고 시리즈로 8종이 제정되었다. 지난 호에서 정리한바 있듯이, 이 기준들은 초특성이나 성능 만족여부에 대한 기준이며, 내구성·신뢰성 시험에 있어서도 LED 조명기기의 열화나 고장메커니즘에 기반한 시험방법을 적용하지 못하고 있다. 따라서 LED 조명기기의 특성이나 고장메커니즘에 적합한 시험방법을 적용하여야 하며 특히 필드에서 일어나는 고장모드를 재현할 수 있는 시험설계가 되어야 한다. LED 조명

기기 중 옥외용과 채널모듈에 대해 온·습도사이클 시험과 과전압 및 On/Off 등 복합 시험 방법을 적용한 가속 수명 시험에 대한 연구 결과가 있지만, 본 고에서는 4W LED 컨버터 외장형 램프에 대해 고온·고습 가속 시험 방법을 적용한 시험 결과에 대한 내용을 살펴보고자 한다.

## 2. 가속 시험

### 2.1 가속 시험 대상품과 고장 판정 기준

가속 시험 설계에 적용한 LED 컨버터 외장형 램프는 할로겐 대체용 LED 램프를 의미한다. 이 LED 컨버터 외장형 램프에서의 고장 모드는 주로 LED 패키지에서는 칩, 와이어 및 수지의 경시적인 결함으로 나타나며, 컨버터에서는 트랜스의 코일 단선과 전해 커패시터의 온·습도에 의한 파괴와 스위칭 소자(FET)의 단선 그리고 ESD 및 서지에 의한 절연 파괴가 주요 고장 모드(결함)이다. 이러한 고장 모드는 주로 온도, 습도 및 입력 전압(또는 전류)에 의해 발생하게 된다. 국내·외 LED 모듈의 규격들에서 제시하는 고장 판정 기준은 <표 1>에 주어져 있다.

<표 1> LED 컨버터 외장형 램프의 고장 판정 기준

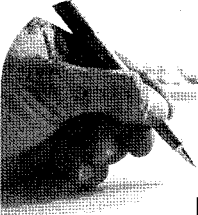
항 목	고 장 판 정 기 준
광 속	광속 유지율 초기값 대비 70% 이하

### 2.2 가속 수명 시험 설계

LED 컨버터 외장형 램프의 2단계 QFD(Quality Function Deployment) 방법을 적용하여 <표 2>와 같이 선정하였으며, 가속 시험 설계는 <표 3>에 나타내었다.

<표 2> 스트레스 요인

고장모드 스트레스	패키지 열화	광출력 열화	색온도 변화	시험방법	고온동작 시험	온습도 사이클시험	열충격 시험	고온고습 시험
				고장모드				
온도	◎	◎	◎	패키지열화	◎	◎	○	◎
습도	◎	○	◎	광출력열화	◎	◎	○	◎
전원입력조건	◎	◎	◎	색온도변화	◎	◎	○	◎



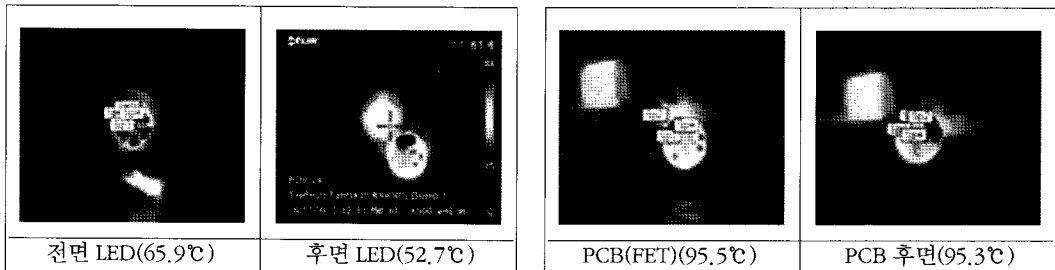
〈표3〉가속수명시험 설계

시험조건	시험항목	고온·고습시험
	온도	60℃
	습도	90%
	시험시간	1,000
	시료수	5

### 2.3 가속수명시험 결과

#### 2.3.1 열특성

정상조건에서의 열특성을 측정된 결과 다음 〈그림 1〉와 같다. 이 때 램프의 케이스 온도는 방열판 부위에서 43.7℃이고, 컨버터가 있는 부위에서의 최고온도는 83.7℃로 측정되었다.



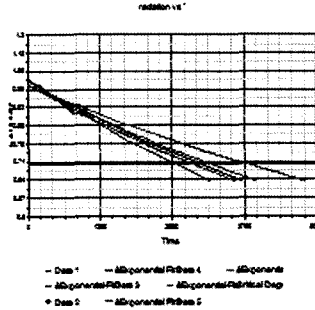
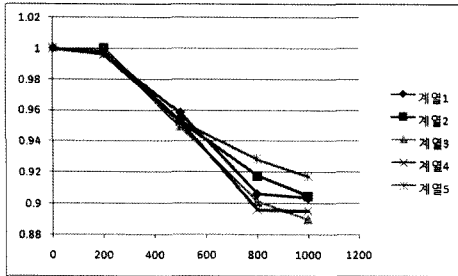
〈그림 1〉 LED 컨버터 외장형 램프에서의 측정온도

#### 2.3.2 열화데이터

열화데이터에서의 고장시간은 광 특성이 초기값 대비 0.7(초기값 대비 70%)이 되는 시점으로 정한다. 가속시험에서 얻어진 열화데이터의 열화모델은 최대값을 기준으로 한 지수모델을 따르며, 표준편차는 0.0077로 주어졌다.

$$y = 1.00963 \cdot \exp(-0.000127 \cdot x)$$

y : 광속유지율 변화율, x : 고장시간



〈그림 2〉 열화데이터 및 모델

### 2.3.3 수명분포

열화 시험데이터를 사용하여 열화모델로 지수모델을 적용하고 광속유지율 70%를 기준으로 했을 경우의 고장시간을 추정하였다. 추정된 고장시간과 추정된 고장시간의 수명분포는 대수정규분포가 가장 적합한 것으로 검증되었고, 이 경우 대수정규분포의 모수값과 신뢰성 척도는 다음 〈표 4〉에 주어져 있다.

〈표 4〉 고장시간과 대수정규분포 모수값과 신뢰성 척도

시료 번호	고장시간
1	3 142,18
2	2 979,85
3	2 542,27
4	2 864,61
5	3 809,53

Distribution		대수 정규
모수값	mean	8,019
	std	0,148
B <sub>10</sub>	상위	2,952,73
	하위	2,140,87
평균수명 (MTTF)	상위	3,428,07
	Time	3,073,90
	하위	2,756,32

### 3. 결론

LED 컨버터 외장형 램프의 경우 응용분야에 따라 사용·환경조건이 다르기 때문에 신뢰성 시험 및 가속 수명시험을 실행할 경우, 개발단계에서부터 평가되는 LED 컨버터 외장형 램프의 전기적 특성인 전압 전류와의 상관관계, 열 특성인 온도변화에 따른 전압과의 상관관계 그리고 열저항값에 따른 접합온도로 시험 온도의 수준을 결정하는 것이 필요하다. 일반적으로 전자부품의 열화 메커니즘 요인으로 대표적인 것은 온도, 습도, 진동 등이며 열화가 일어나는 주요 요인으로는 고온, 온도 차, 온·습도, 그리고 진동 등의 복합적인 작용에 의해 열화가 일어나는 것이 대부분이다. 이 때 열화를 빠르게 발생시키기 위한 시험방법으로 가속열화시험을 적용하는 것이 좋다. 추후 평가로는 가속수명시험 결과와 정상조건에서의 결과와의 검증이다. 열화데이터 분석을 통하여 필드상의 고장모드와 동일하지 그리고 가속수명시험을 통해 주어지는 고장품의 고장분석을 통해 필드의 고장모드와 동일하지 검증에 관한 내용이 요구된다. 이러한 정보를 활용하여 LED 컨버터 외장형 램프의 신뢰성 보증이나 수명보증 시험을 설계할 수 있다.