

4W 컨버터 내장형 Lamp의 가속시험평가

(The Study based on Accelerated Life Testing of 4W LED Lamp using internal converter.)

박창규* · 조상묵 · 김진선

(Chang-Kyu Park* · Sang-Muk Cho · Jin-Sheon Kim)

한국조명기술연구소

Abstract

The paper is to evaluate for reliability of 4W LED Lamp using internal converter by ALTs(Accelerated Life Tests). The recently, some of KS were established by law of LED Modules for Lighting(KS C 7651, 7652, 7653, 7655, 7656, 7657, 7658 and 7659), but reliability assessment methods of LED Lamps had not been established. Therefore, the paper aided companies to perform accelerated life testing(temperature 60 °C, humidity 90 %) for themselves.

1. 서 론

반영구적인 수명, 저소비전력, 안정성 그리고 환경 친화적인 장점을 지니고 있는 LED의 응용분야는 모바일 기기, 자동차, 전자제품 및 간판광고와 일반조명분야에서 광범위하게 사용되고 있다[7]. 이러한 LED 패키지 및 단품을 적용한 제품을 개발·판매하고 있지만, 기존 조명제품에 비해 성능이나 신뢰성이 어느 정도인지 비교 분석된 연구내용이 많지 않은 실정이다. 특히 LED 조명모듈제품의 신뢰성평가기준은 제정되어 있지 않으며 일반조명에서의 신뢰성평가기준과 LED 패키지 신뢰성평가기준을 준용하여 적용되고 있다. LED 패키지 및 단품에 대한 신뢰성평가기준을 살펴보면, 표시·신호용에 주로 적용되고 있는 LED에 대해서 2004년 「고휘도 발광다이오드」(RS C 0047)[11]와 2009년 「조명용 Power LED」(RS C 0153)[12] 신뢰성평가기준이 제정되었다. 2009년 조명용 LED모듈의 안전, 성능기준으로 KS C 7651 「컨버터 내장형 LED 램프의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7652 「컨버터 외장형 LED 램프의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7653 「매입형 및 고정형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7655 「LED 모듈 전원공급용 컨버터의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7656 「이동형 LED 등기구의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7657 「LED 센서 등기구의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7658 「LED 가로등 및 보안등기구의 안전 및 성능 요구사항」, KS C 7659 「문자 간판용 LED 모듈의 안전 및 성능 요구사항」의 KS규격이 제정 및 개정되었다. 하지만 이 기준들은 초특성이나 성능 만족여부에 대한 기준이며, 내구성 시험

에 있어서도 조명용 LED모듈의 열화나 고장에 대한 시험방법을 적용하고 있지 못하다. 따라서 조명용 LED모듈의 특성이나 고장메커니즘에 적합한 시험방법을 적용하여야 하며 특히 필드에서 일어나는 고장모드를 재현할 수 있는 시험설계가 되어야 한다. 조명용 LED 모듈 중 옥외용과 채널모듈에 대해 온·습도사이클 시험과 과전압 및 On/Off 등 복합시험방법을 적용한 가속수명 시험에 대한 연구결과가 있지만, 본 연구에서는 4W LED 컨버터 내장형 Lamp에 대해 고온·고습시험방법을 적용한 가속수명시험 결과에 대한 연구내용이다.

2. 본 론

2.1. LED 컨버터 내장형 Lamp

본 연구의 가속수명시험 설계에 적용 할 수 있는 LED 컨버터 내장형 Lamp의 종류들의 예시는 그림 1과 같다.



그림 1. LED 컨버터 내장형 Lamp 종류(예시)
Fig. 1. LED Lamps using internal converter

2.2. 가속수명시험설계

2.2.1. 고장 정의

LED 컨버터 내장형 Lamp에서의 고장모드는 주로

LED 패키지에서는 칩, 와이어 및 수지의 경시적인 결합으로 나타나며[1,2,3,10], 컨버터에서는 트랜스의 코일 단선과 전해 커패시터의 온·습도에 의한 파괴와 스위칭 소자(FET)의 단선과 ESD 및 서지에 의한 절연파괴가 주요 고장모드(결합)이다. 이러한 고장모드는 주로 온도, 습도 및 입력 전압(또는 전류)에 의해 발생하게 된다. 국내·외 LED모듈의 규격들에서 제시하는 고장 판정기준들은 표 1에 주어져 있다[5].

표 1. LED모듈의 고장 판정기준
Table 1. Criteria for failure judgement of LED Modules for Lighting

항목	고장 판정 기준
광속	광속 유지율 초기값 대비 70% 이하

2.2.2. 스트레스 요인

LED 컨버터 내장형 Lamp의 2단계 QFD(Quality Function Deployment)방법을 적용하여 가속스트레스를 표 2와 같이 선정하였다.

표 2. 스트레스 요인
Table 2. Factors of Stresses
- The First Stage : 고장원인과 고장모드

스트레스	고장모드	패키지 열화	광출력 열화	색온도 변화
온도	◎	◎	◎	◎
습도	◎	○	◎	◎
전원입력조건	○	◎	◎	◎

- The Second Stage : 고장모드와 시험항목

시험방법	고온동작시험	온습도사이클시험	열충격시험	고습시험
고장모드				
패키지열화	◎	◎	○	◎
광출력열화	◎	◎	○	◎
색온도변화	◎	◎	○	◎

2.2.3. 가속수명시험 설계

본 연구에서 적용한 시험품은 4W 용량의 LED 컨버터 내장형 Lamp를 대상으로 적용한 가속수명시험방법은 다음 표 3과 같다.

표 3. 가속수명시험 설계
Table 3. The Design of ALTs for 4W LED Lamp

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

2.2.4. 가속수명시험 결과

가속수명시험 설계를 적용한 시험결과와 절차는 다음과 같다[3,10].

2.2.4.1. 열 특성

정상조건에서의 열 특성을 측정한 결과 다음 그림 2와 같다. 이 때 랩프의 케이스 온도는 방열판 부위에서 43.7 ℃이고, 컨버터가 있는 부위에서의 최고온도는 83.7 ℃로 측정되었다.

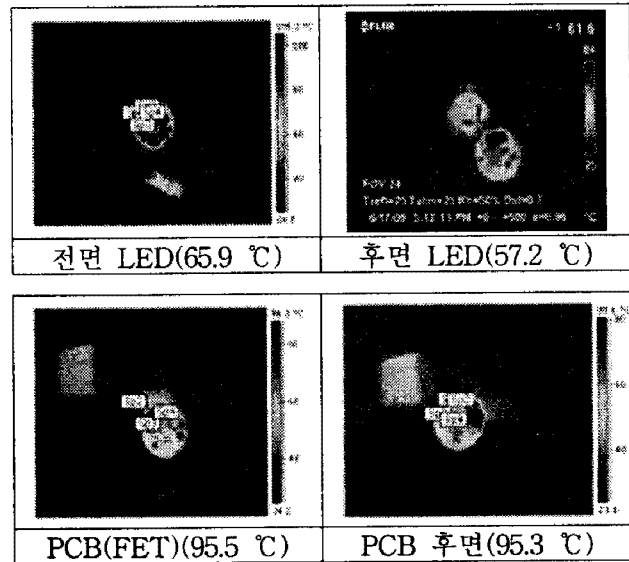


그림 2 LED 컨버터 내장형 Lamp에서의 측정온도
Fig. 2. Measured Temperature of LED Lamps using internal converter

2.2.4.2. 열화데이터

열화데이터에서의 고장시간은 광 특성이 초기값 대비 0.7(초기값 대비 70%)이 되는 시점으로 정한다. 가속시험에서 얻어진 열화데이터의 열화모델은 지수모델을 따르고, 표준편차는 0.0077이다.

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

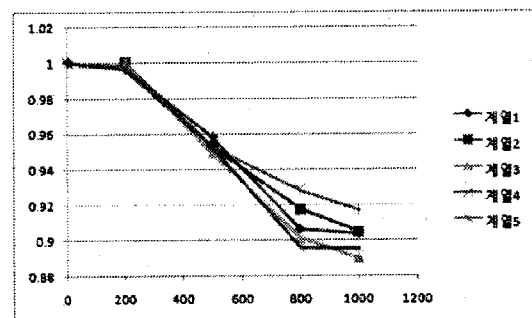


그림 3. 열화데이터
Fig. 3. Degradation data

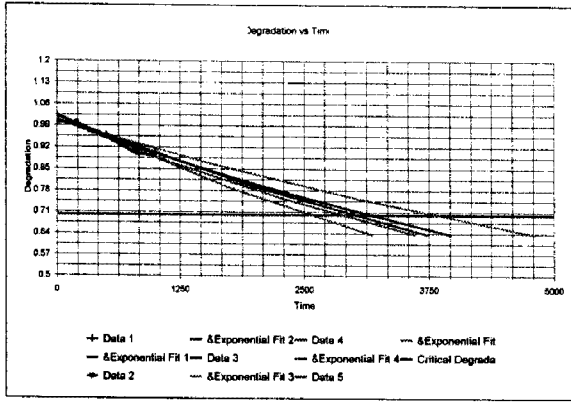


그림 4. 열화모델
Fig. 4. Degradation model : Exponential model

2.2.4.3. 수명분포

열화 시험데이터를 사용하여 열화모델로 지수모델을 적용하고 광속유지율 70%를 기준으로 했을 경우의 고장시간을 추정하였다. 추정된 고장시간은 다음 표 4에 주어져 있다.

표 4. 고장시간
Table 4. Estimated failure time.

시료 번호	고장시간
1	3 142.18
2	2 979.85
3	2 542.27
4	2 864.61
5	3 809.53

고장시간의 수명분포는 대수정규분포가 가장 적합한 것으로 검정되었고, 대수정규분의 모수값과 신뢰성척도는 표 5에 주어져 있다.

표 5. 모수값과 신뢰성 척도
Table 4. Parameters and Reliability measures.

Distribution		대수정규
모수값	mean	8.019
	std	0.148
B ₁₀	상위	2,952.73
	Time	2,514.24
	하위	2,140.87
평균수명 (MTTF)	상위	3,428.07
	Time	3,073.90
	하위	2,756.32

3. 결론

LED 컨버터 내장형 Lamp의 경우 응용분야에 따라 사용·환경조건이 다르기 때문에 시험항목, 조건 및 방

법 등이 다르게 적용되어야 한다. 따라서 신뢰성 시험 및 가속수명시험을 실행할 경우, 개발단계에서부터 평가되는 LED 컨버터 내장형 Lamp의 전기적 특성인 전압 전류와의 상관관계, 열특성인 온도변화에 따른 전압과의 상관관계 그리고 열정향값에 따른 접합온도로 시험 온도의 수준을 결정하는 것이 필요하다. 일반적으로 전자부품의 열화 메커니즘 요인으로 대표적인 것은 온도, 습도, 진동 등으로 열화가 일어나는 주요 요인은 고온, 온도 차, 온·습도, 그리고 진동 등의 복합적인 작용에 의해 열화가 일어나는 것이 대부분이다. 이 때 열화를 빠르게 발생시키기 위한 시험방법으로 가속열화 시험을 많이 적용하고 있다.

추후 연구과제로는 본 연구로부터 도출된 가속수명시험 결과와 정상조건에서의 결과와의 검증이다. 열화데이터 분석을 통하여 필드상의 고장모드와 동일한지 그리고 가속수명시험을 통해 주어지는 고장품의 고장분석을 통해 필드의 고장모드와 동일한지 검증에 관한 연구가 필요하다. 그리고 가속수명시험 결과와 정상조건에서의 결과를 분석하여 얻어지는 가속계수나 가속모델을 이용한 LED 컨버터 내장형 Lamp의 신뢰성 보증이나 수명보증 시험을 설계할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 日刊工業新聞社, "LED照明 信頼性 Handbook; LED照明 推進協議會", 2008
- [2] 김진선·조상묵·박창규, "LED Channel Module의 가속수명 시험설계", 춘계학술대회, 한국조명전기설비학회, 2009.
- [3] 박창규, "LED 열화데이터의 신뢰성 분석", 신뢰성응용연구, Vol.9, pp. 59-69, 2009.
- [4] 박창규·조상묵·김진선, "조명용 LED모듈의 신뢰성평가", 춘계학술대회, 한국조명전기설비학회, 2009.
- [5] 박창규·조상묵·이민진·김진선·김정수·정희석·이영주, "Power LED 신뢰성 평가규격 비교 연구", 춘계학술대회, 한국조명전기설비학회, 2008.
- [6] 이정훈, 최재원, 장미순, 장석원, 신승중, 과계달, "전광판용 LED의 RGB 색상별 수명예측 비교", 부문춘계학술대회 신뢰성 부문, 대한기계학회, 2007.
- [7] 전자부품연구원, "LED 산업동향 및 주요 이슈", 2007.
- [8] 한국조명기술연구소, "LED 기술세미나", 2007.
- [9] 한국조명기술연구소, "LED 조명 신뢰성기술세미나", 2009.
- [10] Chang-Kyu Park, Sang-Muk Cho, Jin-Sheon Kim, "LED Reliability Analysis for Degradation data on LEDs", 2nd Lighting Symposium of China, Japan & Korea, Proceeding, pp. 117-120 2009.
- [11] RS C 0047, "고휘도 발광다이오드", 2004.
- [12] RS C 0153, "조명용 Power LED", 2009.