

LED Channel Module의 가속 수명 시험 설계

(The Accelerated Life Tests Design of LED Channel Module)

김진선* · 조상묵 · 박창규

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

한국조명기술연구소

Abstract

The paper is to evaluate for reliability of LED Channel Modules by ALTs(Accelerated Life Tests). The recently, some of KS were established by law of LED Lamps for Lighting(KS C 7651, KS C 7652 and KS C 7653), but reliability assessment methods of LED Channel Modules were not established. Therefore, the paper aided companies to test methods for accelerated life testing by themselves.

1. 서론

반도체 기술의 발전으로 기존에는 전자회로 부품이나 표시용 소자로만 사용하던 LED가 일반 조명용 광원으로 대두되고 있다. 색상구현이 자유롭고, 빠른 반응속도, 저전력을 소비하는 장점과 아울러 반영구적인 수명과 EU의 RoHS에서 규제하는 6종 물질이 포함되지 않아 환경 친화적 제품의 대표주자라 할 수 있다[1]. 현재 일반 조명, 자동차, 교통신호등, 모바일 등의 LED 응용분야를 대상으로 하는 LED 모듈의 가속수명시험에 대한 연구는 빠르게 진행되는 LED 모듈의 개발 속도를 따라가지 못하고 있는 실정이다. LED 패키지 및 단품에 대한 신뢰성 평가 기준은 표시·신호용 LED에 대해서 2004년 「고휘도 발광다이오드」(RS C 0047)[8]와 일반 조명에 적용되는 Power LED는 2009년 「조명용 Power LED」(RS C 0153)[9] 신뢰성평가기준이 제정되었다. 조명용 LED 모듈의 안전, 성능기준으로 백열전구 및 할로젠 램프 대체용과 보안등에 대한 안전기준이 제정되었으며, 가장 최근에는 백열전구 및 할로젠 램프 대체용과 매입형 등기구의 KS 기준이 제정·고시되었다. 그러나 LED Channel 모듈에 대한 기준은 제정되지 않아 이에 대한 평가가 미흡한 실정이다. 이미 제정된 조명용 LED 모듈도 초특성 및 성능 평가를 통한 제품의 기준 만족 여부 판단하는 것이며, 내구성 시험에 있어서도 LED Channel 모듈에 열화나 고장에 대한 시험 방법을 적용하지 못하고 있다. 따라서 LED Channel 모듈의 특성이나 고장메커니즘에 적합한 시험방법을 적용하여야 하며 특히 필드에서 일어나는 고장모드를 재현

할 수 있는 시험 설계가 되어야 한다. 본 연구에서는 LED Channel 모듈에 대한 신뢰성 평가를 통해 고장메커니즘을 재현할 수 있는 시험조건 및 방법에 관한 연구이다.

2. 본론

2.1. LED Channel 모듈

본 연구의 신뢰성 평가에 적용 할 수 있는 LED Channel 모듈의 종류는 그림 1과 같다.



그림 1. LED Channel 모듈
Fig. 1. LED Channel Modules

2.2. 신뢰성 평가

2.2.1. 고장 및 고장판정 기준

LED Channel 모듈에서의 주요 고장모드는 광출력 저하와 부 점등이다. 이러한 고장을 발생시키는 요인은 LED 및 구성 부품에서 발생하는 열에 의해 LED의 구성 요소인 수지, 형광체 등의 열화와 불안정하게 공급되는 전원에 의해 스위칭 소자 및 정전류 회로의 파손이 주된 요인이다. 그리고 사용 환경에서의 습기와 온도에 의한 부식으로 인해 회로의 결손 등으로 LED가 부점등 되는 고장이 발생한다.

표 1은 주요 부품별 잠재고장 영향과 고장원인을 분석하였다.

표 1. LED Channel Module의 설계 FMEA
Table 1. FMEA of LED Channel Modules

부품명	기능	잠재고장영향	고장원인 고장메카니즘
Resistor	정전류	광 저하	열
Bridge Diode	정류	부 점등	과전압, 열
IC	구동IC	부 점등	과전압
		광출력 변동	열
LED	발광 소자	부 점등, 회도저하	온도, 습도, 진동, 충격

그림 2는 열화 및 환경 요인에 의해 발생한 고장모드의 예를 보여주고 있다.

납땜 부식, 정전류 회로의 파손과 LED 소자의 단선으로 LED가 미점등되고, 수지 및 형광체의 열화에 의해 광 특성이 감소하게 된다.

이러한 고장모드는 주로 온도, 습도 및 과전압(또는 과전류)에 의해 발생하게 된다.

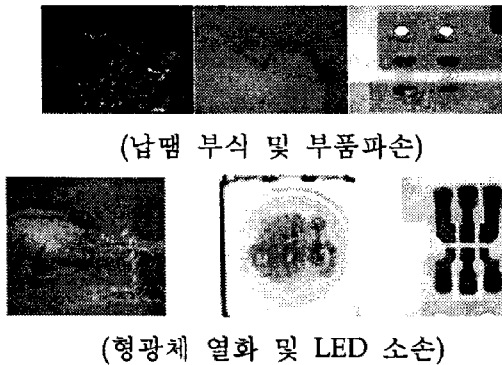


그림 2. LED Channel 모듈의 고장모드 예
Fig. 2. Failure Modes of LED Channel Modules

표 2는 LED Channel 모듈의 고장판정기준을 보여준다. LED Channel 모듈의 경우 고장판정기준이 없어, 국내·외 조명용 LED 모듈에서 적용하고 있는 고장 판정기준으로 정하였다.

표 2. LED Channel 모듈의 고장 판정기준
Table 2. Criteria for failure Judgement of LED Channel Modules

항목	고장 판정 기준
광속	광속 유지율 초기값 대비 70 % 이하

일반조명용 형광램프의 KS 기준은 초기광속의 80 % 이상으로 규정하고 있으며, 「액정화면 백라이트용 냉음극 형광램프의 신뢰성 평가 기준은 70 %, 그리고 「외부전극형광램프」 신뢰성 평가 기준에서는 80 % 이상으로 고장을 판정하도록 하고

있다[6].

2.2.2. 스트레스 요인 선정

LED Channel 모듈의 가속스트레스를 QFD(Quality Function Deployment)방법을 적용하여 표 3과 같이 선정하였다.

표 3. 스트레스 요인
Table 3. Factors of Stresses

- The First Stage : 고장원인과 고장모드

스트레스	고장모드	패키지 열화	광출력 열화	색온도 변화
온도	○	○	○	○
습도	○	○	○	○
진원	○	○	○	○

- The Second Stage : 고장모드와 시험항목

시험방법	고온 동작 시험	과전압 시험	온습도 사이클 시험	열충격 시험	고온 고습 시험
패키지 열화	○	○	○	○	○
광출력 열화	○	○	○	○	○
색온도 변화	○	○	○	○	○

2.2.3. 예비시험

표 4는 가속스트레스에 따른 주요 시험 항목으로 사용·환경조건을 고려한 예비시험 조건 나타내었다. 이 조건들은 LED 패키지의 신뢰성평가 방법을 고려하여 정하였다.

표 4. 예비시험 항목 및 시험조건
Table 4. Test Conditions & Items for Preliminaries Tests

시험항목	시험조건	시험시간
열충격시험	-40 ℃ ~ 100 ℃	100회
고온시험	100 ℃	1000시간
온습도사이클시험	25 ℃ ~ 80 ℃ ~ -30 ℃, 90 %	100회
온습도시험	60 ℃, 90 %	1000시간
정상동작시험	25 ℃	6000시간

표 4의 시험 조건은 필드에서 발생할 수 있는 고장 조건으로 LED Channel 모듈의 사용 환경이 간판, Sign Pole 등 주로 실외인 점을 감안한다면 온도 및 습도 조건의 범위는 설치환경에 따라 조정이 가능하다.

시험 항목별 시험 시간은 주요 LED Channel 모듈 업체와 국내 LED 신뢰성평가기준에 제시되어 있는 시험시간을 참조하여 적용하였다[6].

신뢰성 시험에서 필요한 샘플 수는 국내 신뢰성 평가 기준에서 생산 공정의 불량률을 2.5 %로 검사하고자 하는 수준에 따라 또는 생산하는 생산량에 따라 샘플 수를 다르게 적용할 수 있도록 기준을 제시하고 있다.

예비시험을 실시한 결과 그림 3과 같이 LED

Channel 모듈의 광 변화에 많은 영향을 주는 스트레스는 온도와 습도인 것으로 나타났다. 온도와 습도의 시험방법으로는 온습도시험이나 온습도 사이클 시험이며, 이는 사용조건을 고려하여 정하는 것이 좋다. 본 연구에서는 온습도 사이클 시험방법으로 가속시험설계를 진행하였다.

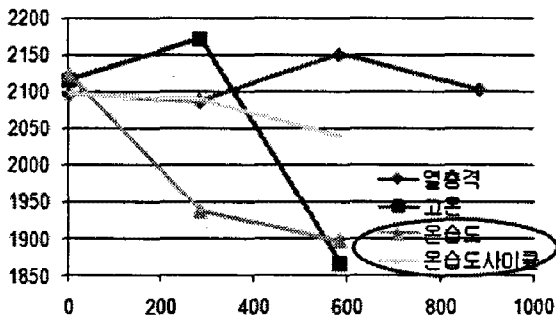


그림 3. 예비시험 분석
Fig. 3. Analysis of Preliminaries Tests

2.2.4. 과전압(과전류) 및 개폐시험

LED 패키지의 경우 광 변화에 영향을 주는 요인으로 온도와 습도 그리고 전류가 영향이 큰 것으로 연구되고 있다[10]. Channel 모듈에서는 정전류 또는 정전압 회로를 구성하고 있는 전자부품(드라이버, 저항 등)에 의해 직접적인 과전류를 흘릴 수 없기 때문에, 과전압을 인가하였다. 과전압 시험 결과 0.2 W LED 패키지를 사용하는 LED Channel 모듈의 경우 정격전압(12 Vdc)의 30%에서 급격한 전력의 변동이 발생되지 않았다. 가속시험에서 과전압을 인가하는 경우 제품이나 부품의 물리적, 화학적 특성이 변하지 않는 범위 내에서 스트레스 조건을 적용하여야 한다. 따라서 본 평가에서는 급격한 전력의 변동이 발생하는 전압 이하로 정하였다.

또한, 본 평가에서는 일반조명용 램프의 시험에도 적용되고 있는 개폐(On/Off) 시험을 적용하였다. 이때, On 시간과 Off 시간은 LED Channel 모듈에서 LED의 온도가 안정화되는 시간을 고려하여 결정하였다. 0.2 W의 저전력 LED의 경우 온도 포화시간은 약 30분, 온도 하강시간은 약 10분 정도가 소요되었다.

그림 4는 예비시험과 과전압 및 개폐 시험 결과로 이루어진 가속수명시험 프로파일이다.

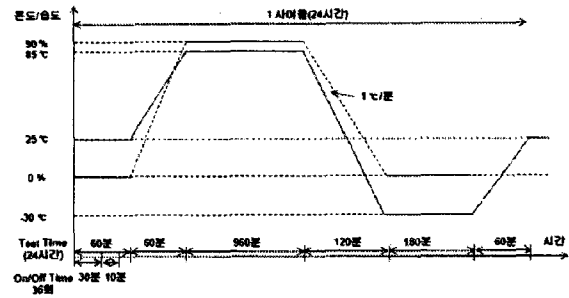


그림 4. 가속수명시험 시험 프로파일
Fig. 4. The ALTs profile of LED Channel Modules

3. 결론

LED Channel 모듈의 가속수명시험 설계를 할 때, 예비시험을 통한 스트레스 선정과 조건 결정, 과전압 및 개폐시험에 대한 내용을 살펴보았다. 예비시험 및 가속수명시험을 통해 분석된 고장모드와 필드에서의 고장모드가 동일한지 검증에 관한 연구가 필요하다.

LED Channel 모듈은 다양한 응용분야에 따라 사용·환경조건이 다르기 때문에 신뢰성 평가항목, 조건 및 방법 등이 다르게 적용 될 수 있다. 따라서 Channel 모듈의 신뢰성 시험 및 가속수명시험을 실행할 경우, LED 패키지의 열 저항값에 따른 접합온도를 고려하여, 초기 단계에서부터 평가되는 전기적 특성인 전압, 전류와의 상관관계, 열 특성인 온도변화에 따른 전압과의 상관관계 그리고 이들과 광 특성과의 상관관계를 분석하여 수준을 결정할 필요가 있다.

결론적으로 본 연구에서 제시하고 있는 가속수명시험 프로파일로부터 LED Channel 모듈에 대한 신뢰성 보증이나 수명보증 시험을 설계할 때, 가속수명시험을 통해 얻어진 가속계수를 이용하여 짧은 시간에 보증할 수 있는 보증시험설계가 가능하다.

참고 문헌

- [1] 도서출판 아진 "LED 조명실무", 2008
- [2] LED照明推進協議會, "LED照明 Handbook", 2006
- [3] 이정훈, 최재원, 장미순, 장석원, 신승중, 과계달, "전광판용 LED의 RGB 색상별 수명예측 비교", 부문추계학술대회 신뢰성 부문, 대한기계학회, 2007.
- [4] 전자부품연구원, "LED 산업동향 및 주요 이슈", 2007.
- [5] 한국조명기술연구소, "LED 기술세미나", 2007.
- [6] 박창규·조상욱·이민진·김진선·김정수·정희석·이영주, "Power LED 신뢰성 평가규격 비교 연구", 추계학술대회, 한국조명전기설비학회, 2008.
- [7] 박창규, 김진선, 김정수, 정희석, 이영주, "LED 열화 데이터의 신뢰성 분석", 추계학술대회, 한국신뢰성학회, 2008.
- [8] RS C 0047, "고휘도 발광다이오드", 2004.
- [9] RS C 0153, "조명용 Power LED", 2009.
- [10] Shinya Ishzaki, Hideyoshi Kimura, Masaru Sugimoto, "Lifetime Estimation of High Power White LEDs.", J. Light & Vis. Env. Vol.31, No.1, 2007.