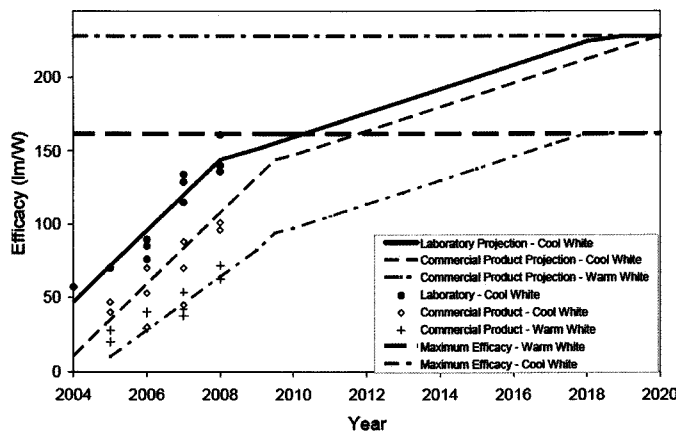


LED 패키지 및 등기구의 개발전략 및 신뢰성 평가기술

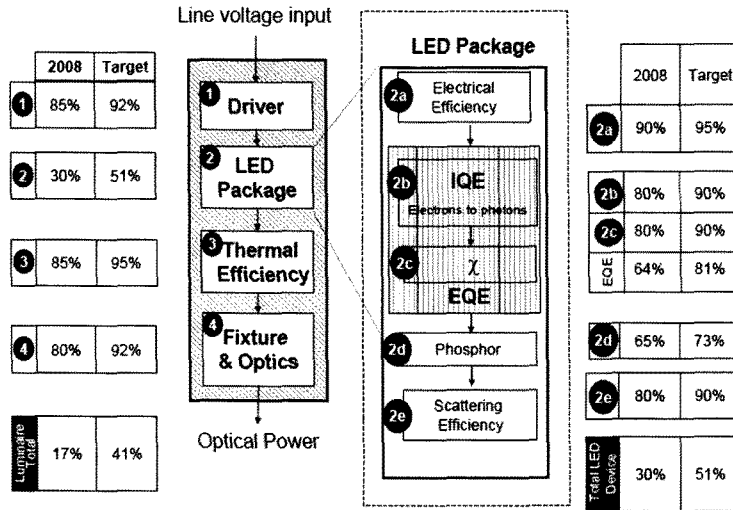


박창규 박사
한국조명기술연구소 신뢰성평가센터

우리나라는 녹색성장을 위해 조명산업에 “15/30 보급프로젝트”를 추진하고 있다. 2015년까지 30%의 일반 조명을 LED 등기구로 대체 하려는 정책이다. 이러한 LED 등기구는 친환경적이며 장수명의 특성을 가지고 있고, 기존 조명보다 최대 80%까지 에너지가 절감되는 경제적 효과를 나타낸다. 미국은 DOE(Department of Energy)에서 2009년 LED의 광원, 구동장치, 방열 및 등기구 효율과 개발목표에 대한 계획을 발표하였다. 다음 <그림 1>은 LED 패키지 기술 발전전략과 2015년까지 LED 등기구의 개발 목표를 보여준다.



<그림 1> LED 패키지기술 개발 Roadmap과 LED 등기구의 효율 및 목표

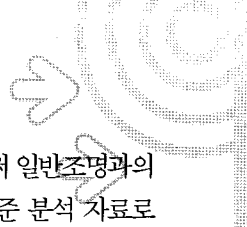
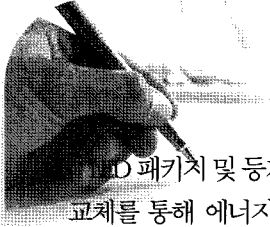


<그림 1> LED 패키지 기술 개발 Roadmap과 LED 등기구의 효율 및 목표(계속)

이는 광효율 향상, 원가 절감 등의 공동 핵심 원천 기술 확보를 위해 1단계 160lm/W의 LED 광원의 소재 및 패키지 개발, 2단계 240lm/W의 LED 광원의 소재 및 패키지 개발 그리고 점점 경량화, 소형화되어 가는 LED 등기구의 95% 방열 효율 개선, 이와 더불어 LED 등기구의 수명을 결정짓는 구동장치의 핵심 부품인 IC Driver 개발과 LED 등기구의 수명 50,000 시간 이상 장수명을 뒷받침 해줄 수 있는 고효율 LED 모듈 회로 및 구동장치 개발 계획을 진행하고 있다. 다음 <표 1>은 백색 LED 패키지 및 등기구의 2015까지 단계별 개발 계획을 보여준다.

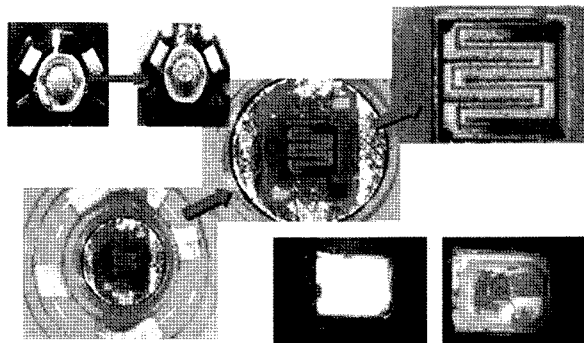
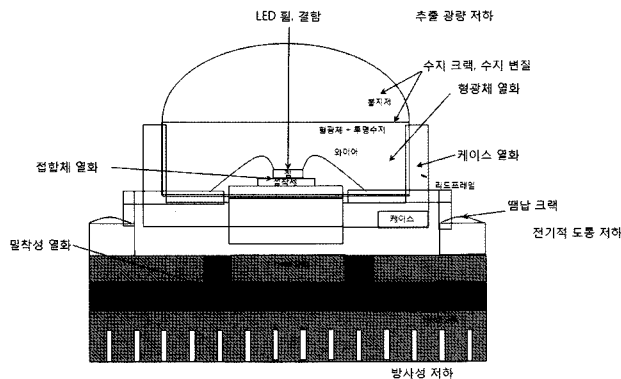
<표 1> LED 패키지 및 등기구의 개발 계획

구분	항목	2008	2010	2012	2015
LED 패키지	Cool White 광 효율(lm/W)	108	147	164	188
	Warm White 광 효율(lm/W)	64	97	114	138
	등기구 가격(\$/klm)	169	101	61	28
LED 등기구	열 효율(%)	85	89	91	95
	구동장치 효율(%)	85	87	89	92
	등기구 효율(%)	80	83	87	92
	총 등기구 효율(%)	58	64	70	80
	등기구 광 효율(lm/W)	62	94	115	151



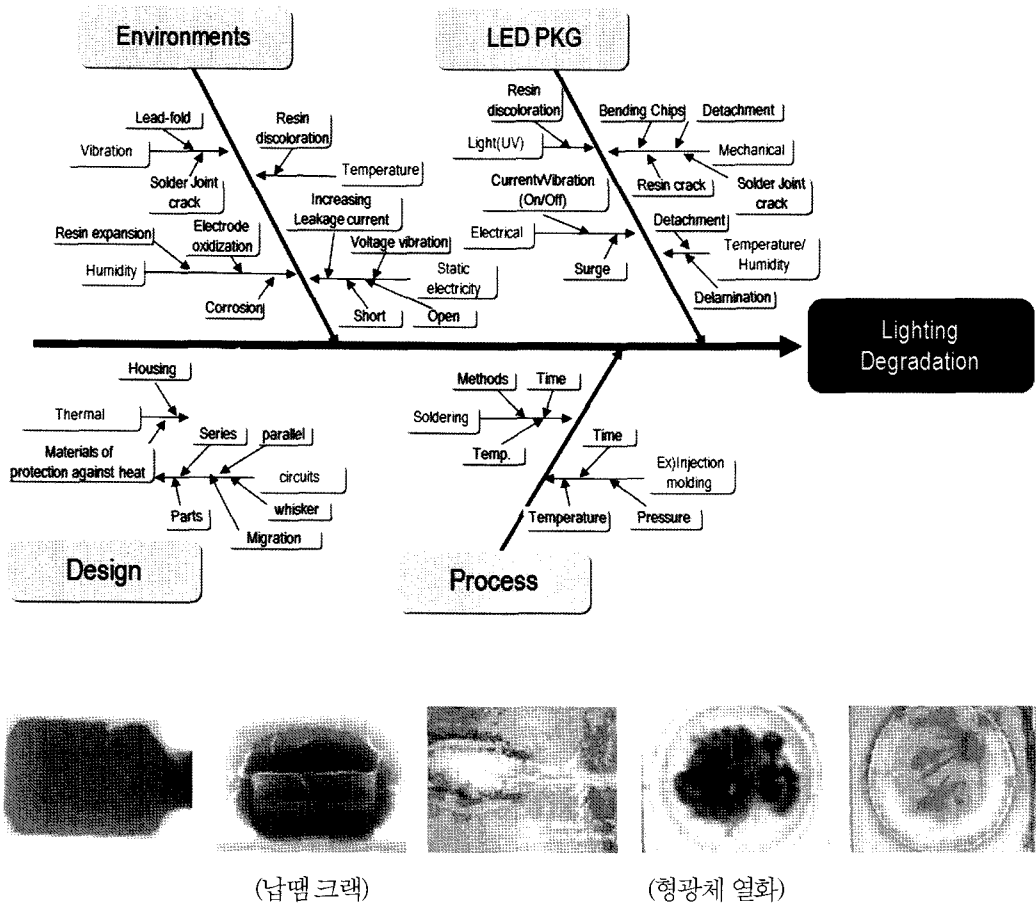
LED 패키지 및 등기구의 단계별 개발계획을 중심으로 LED 등기구의 광 효율을 높임으로써 일반조명과의 교체를 통해 에너지 저감을 위한 프로그램을 실시하고 있으며, 현 LED 등기구의 기술수준 분석 자료로 CALIPER Round Test Report를 제공하고 있다. 이와 같이 LED 패키지 및 등기구의 지속적인 발전에 따라 시장의 품질을 평가할 수 있는 안전성 및 신뢰성 평가방법도 같이 개발되어지고 발전되어야 한다. 하지만, 국내·외 규격에서는 정상조건에서 정격으로 인가된 LED 등기구의 성능 및 광속 유지율시험으로 평가를 진행하고 있다. LED 등기구 제조업체가 시장에서 발생하는 고객 클레임을 대처하기에는 시간적, 경제적 영향은 클 수 밖에 없기 때문에, 제품이 제조되기 전단계인 개발·설계 단계에서 안전성 및 신뢰성 평가를 동시에 수행하여야 한다. 본 고에서는 현재까지 LED 패키지를 대상으로 평가한 시험결과를 토대로 LED 등기구의 가속시험 스트레스 종류와 LED 램프에 실시하고 있는 온·습도 사이클 시험프로파일을 간략히 제시하고자 한다.

백색 LED 패키지의 구조는 <그림 2>에서 보여주고 있으며, LED 패키지 및 등기구의 광열화를 일으키는 고장모드는 주로 칩, 와이어 및 수지와 전자부품의 결합이며 이러한 결합을 유발시키는 일반적인 스트레스와 그에 따라 발생하는 대표적인 고장모드(결합)는 <그림 3>에서 보여주고 있다.



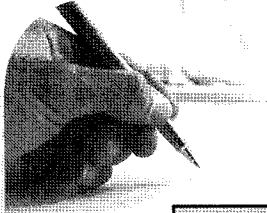
<그림 2> 백색 LED 구조

〈그림 3〉는 광이 열화 되는 요인 등을 특성요인도(Cause and Effect Diagram)라는 분석기법을 이용하여 나타낸 것이다. 이러한 열화는 이들 요인의 복합적인 작용에 기인한 LED의 구성 요소인 수지, 형광체, 땀납, 전극 금속, 반도체 결정 등의 순서로 반응 촉진에 의해서 화학적, 물리적 변화나 기계적 고장에 의해 주로 발생한다.



〈그림 3〉 LED 패키지 및 등기구의 고장모드

〈표 2〉는 LED 패키지의 소재 및 부품에 영향을 주는 스트레스를 나타내고 있다. 일반적인 전자부품의 스트레스와 유사하며, 특히 온도(습도)에 의해 광열화가 가장 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다. LED 패키지뿐만 아니라 등기구의 신뢰성 평가에도 동일한 스트레스를 적용할 수 있고, 특히 복합시험을 실시하는 경우 참고사항으로 살펴보면 될 것이다.



〈표 2〉LED 패키지 소재 및 부품별 스트레스

		고온	저온	열충격	습도	진동	BSD	결류	고온+결류	고온+습도	고온+습도+결류
소 재	형광체	YagType	○		△	△		○	○	○	○
		TagType	○		△	△		○	○	○	○
		BoseType	○		△	△		○	○	○	○
		Siligate	○		△	△		○	○	○	○
	반도체칩	[In,Al]GaN	○		△	○		○	○	○	○
		InAlGap	○		△	○		○	○	○	○
		AlGaAs	○		△	○		○	○	○	○
	봉지재	Epoxy	○		△	△			○	○	○
		OrganicSiliconeResin	○		△	△			○	○	○
		PhenylSiliconeResin	○		△	△			○	○	○
		MethylSiliconeResin	○		△	△			○	○	○
	도선	Au	○		○		△		○	○	○
Ag		○		○		△		○	○	○	
Al		○		○		△		○	○	○	
구조	HeatSlug 유무	○						○	○	○	
	Lead Electrode 형상 및 재질	○			○			○	○	○	
	Lens의 형상 및 재질	○			○	○		○	○	○	

더불어, 안전성 및 신뢰성 평가로부터 얻어진 시험 데이터의 분석에서 수명 추정에 관한 제언을 드리고자 한다. 〈표 3〉은 LED 등기구의 정상조건에서 2,000시간 동안 시험하여 얻어진 광열화 데이터를 분석한 결과이다.

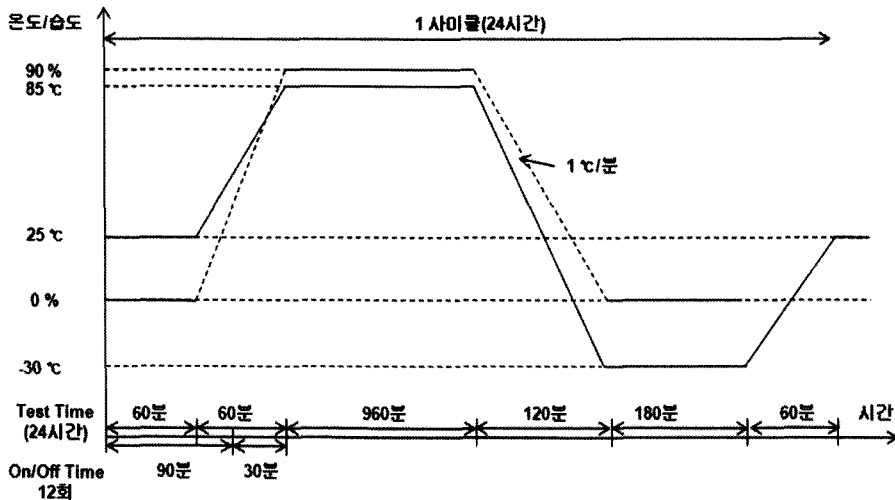
LED의 특성에서 빛은 자기안정화를 찾아가는 과정에서 초기값보다 상승하다 떨어지는 경향이 있기 때문에 수명분석시 기준 데이터를 어느 시점으로 하는가에 따라 최대 5배까지 다르게 수명이 분석될 수 있기 때문에 적절한 기준을 정하는 것이 바람직하다. 〈표 3〉에서 알 수 있듯이 광특성 열화 데이터의 최대값 기준과 1,000시간 기준(LM-80-08)으로 분석하였을 경우 그 차이가 적지만, KS 규격에서 제시하고 있는 100시간 에이징 시간을 기준으로 분석하였을 경우 5배 이상으로 수명이 길어지기 때문에 적절한 분석방법을 선택하는 것이 좋다.

〈표 3〉 LED 등기구 수명비교

기준값	수명분포	차이
100시간 기준	Lognormal	5.08
1,000시간 기준	Lognormal	1
최대값 기준	Lognormal	1.03

다음 〈그림 4〉는 신뢰성 평가의 결과와 스트레스에 따른 시험결과 정보를 바탕으로 얻어진 가속수명시험 프로파일을 정리한 것이다. 가속수명시험 프로파일의 스트레스로 전류를 직접 인가하여 LED 등기구의 영향을 분석하여야 하지만, 현재 시장에서 판매되고 있는 정전압용 LED 등기구에는 직접 과전류를 흘릴 수 없기

때문에 과전압 인가방법을 적용하였다. 당연히 과전압을 인가하는 경우 LED 등기구나 전자부품의 물리적, 화학적 특성이 변하지 않는 범위 내에서 스트레스 조건을 적용하여야 한다. 따라서 최고 전력을 나타내는 전압 이하로 기준을 정하였다. 시험결과 LED 등기구의 전력에 따라 과전압 조건이 달라짐을 확인할 수 있었고 0.2W LED 패키지를 사용하는 LED 등기구의 경우 정격전압이 12V에서 30% 높게 인가하고, 3W LED 패키지를 사용하는 LED 등기구의 경우 정격전압이 24V에서 10% 높게 인가하는 것이 적정함으로 나타났다. 또한, 일반 조명용 램프의 시험방법에 적용되고 있는 On/Off 시험방법도 적용하였는데, On 시간과 Off 시간은 LED 등기구에서 LED 패키지의 온도가 안정화되는 시간을 고려하여 결정하였다. 0.2W짜리 LED 등기구인 저전력인 경우 30분으로 온도상승시간이 짧은 반면, 3W짜리 LED 등기구는 1시간 30분으로 온도상승 시간이 상대적으로 길었다.



〈그림 4〉 가속수명시험 시험 프로파일

지금까지 LED의 가속수명시험으로 얻어진 시험 데이터의 분석에서 수명의 차이가 생길 수 있는 분석방법과 시장에서 발생하는 원인을 신속하고 적절하게 평가할 수 있는 가속수명시험방법을 결정하는 것에 대한 내용을 살펴보았다. 이들 방법의 타당성은 현장데이터(Field data) 분석과의 비교를 통해 검증할 수 있다.

다음호에는 정상조건 시험과 가속시험과의 비교분석 내용을 통해 신뢰성평가방법의 타당성을 살펴보고자 한다.