

## 조명용 Power LED의 신뢰성평가기준

박창규\*, 정희석\*, 정해성\*\*, 백재욱\*\*\*

한국조명기술연구소 신뢰성평가센터\*,  
서원대학교 멀티미디어공학과\*\*,  
한국방송통신대학교 정보통계학과\*\*\*

### Reliability Assessment Criteria of Power Light Emitting Diodes for Lighting fittings

Chang-kyu Park\*, Hee-suk Jeong\*, Hai Sung Jeong\*\*, Jaiwook Baik\*\*\*

Reliability Assessment Center, Korea Institute of Lighting Technology\*,  
Dept. of Multimedia Engineering, Seowon Univ.\*\*,  
Dept. of Information Statistics, Korea National Open Univ.\*\*\*

#### Abstract

Power light emitting diodes(LED) for lighting fittings are so much environment-friendly, highly reliable and consume less energy that they are widely used at home and in industries such as electronics, telecommunications and industrial machineries. However, they are exposed to a very diverse environment and consists of complex components and, therefore needs careful approach to the enhancement and assessment of reliability of the item. In this article reliability assessment criteria for LED are established in terms of performance assessment test, reliability assessment test and accelerated test.

Key word : Power light emitting diodes(LED), performance assessment test, reliability assessment test, accelerated test, exponential model, lognormal distribution

## 1. 서론

조명용 Power LED는 친환경, 고신뢰성, 저전력 소모량 등 뛰어난 특성을 가지고 있어, 전기·전자, 통신 및 산업기기에 표시용, 지시용과 일반조명용으로 널리 사용되고 있다. 또한 조명용 Power LED는 에너지 절감과 차세대 광원으로서 지식기반형 산업으로 국내사정에 적합한 산업으로 고성장, 고 부가치를 갖는 부품산업이다. 따라서 국제경쟁력의 확보를 위해 신뢰성평가기술 및 평가 시 부산물로 추출되는 다량의 데이터 확보가 필요하여, 신뢰성평가기반구축의 일환으로 신뢰성 인증기준을 제정하게 되었다.

본 기준에서는 조명용 Power LED의 신뢰성인증을 위해 성능평가지험, 신뢰성평가지험 및 가속시험을 실시한다. 신뢰성평가지험 및 가속시험은 성능평가지험 결과 결격사유가 없는 제품에 한하여 실시한다. 이 기준의 목적은 조명용 Power LED의 성능인증을 받은 시료에 대하여 신뢰성인증시험을 통해 수명을 보증하는데 있다.

## 2. 일반사항

### 2.1 적용범위

이 기준은 조명 제품에 사용하는 조명용 Power LED의 신뢰성인증시험방법에 대해 규정한다.

### 2.2 인용규격

인용되는 규격은 이 기준에 인용됨으로써 이 기준의 규정일부를 구성한다. 이러한 인용규격은 그 최신판을 적용한다.

### 2.3 용어의 정의

- a) **순전압** 규정된 측정조건 하에서 규정된 순전류치에 대응하는 전극전압 또는 전극간 전압
- b) **순전류** 규정된 측정조건 하에서 규정된 순전압치에 대응하는 전극전류
- c) **역전압** 규정된 측정조건 하에서 규정된 역전류치에 대응하는 전극전압 또는 전극간 전압
- d) **역전류** 규정된 측정조건 하에서 규정된 역전압치에 대응하는 전극전류

- e) **휘도** 일정한 넓이를 가진 광원 또는 빛의 반사체 표면의 밝기를 나타내는 양(量). 단위 :  $\text{cd/m}^2$
- f) **조도** 어떤 면이 받는 빛의 세기를 나타내는 양. 즉, 광속과 빛이 비추지는 면적과의 비례를 말하며 1 lux란  $1\text{m}^2$ 의 면적위에 1 lm의 광속이 균일하게 비추질 때를 말한다. 단위 : lux
- g) **광속** 광원으로부터 나오는 모든 빛(가시광)의 총량. 단위 : lm
- h) **상관색온도** 규정된 관측 상태에서 동일 밝기의 주어진 자극과 가장 유사하게 감지된 색의 흑체온도. 단위 : K
- i) **연색성** 조명된 사물의 색 재현 충실도를 나타내는 광원의 성질을 말하며 연색지수란 자연광에서 본 사물의 색과 특정조명에서의 경우 어느 정도 유사한가를 수치로 나타낸 것
- j) **조명용 Power LED** 색상은 KS A 3325(1992)에서 정하는 기준에 따르는 백색이며, SMD의 PCB가 장착된 패키지로 전력 1W 이상인 LED를 말한다.

## 2.4 신뢰성인증시험

신뢰성인증은 성능평가지험, 신뢰성평가지험 및 가속시험을 통해 이루어진다.

### 2.4.1 샘플링 방법

성능평가지험, 신뢰성평가지험 및 가속시험에 필요한 시료는 가장 최근에 생산된 시료를 대상으로 발췌해야 한다. 단, 검사 로트를 구성하는데 제품 생산이 빈번하지 않거나 샘플링 계획을 적용하기에 너무 적게 생산되는 경우에는 전수검사를 한다. 샘플은 동일한 제품을 생산하는 모든 생산라인과 구조적으로 유사한 제품을 생산하는 생산라인에서 생산량에 비례해 발췌해야 하고, 시료는 가능한 생산품을 대표하는 것이어야 한다.

제조자의 책임이 아닌 사고로 인해 결함이 발생된 시료를 대체 사용하기 위해 예비 시료를 추가로 발췌해야 하며, 샘플링 방법은 KS Q 1003 (2006)에 따른다.

### 2.4.2 시험조건

개별 시험항목에서 특별히 규정하지 않는 한 다음 조건을 적용한다.

#### (1) 시험환경조건

주위온도 또는 기준점의 온도는  $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ , (45~85)% R.H.로 한다. 조명용 Power LED 특성 측정값은 온도와의 상관관계 영향이 크기 때문에 특히 관리해야 한다.

#### (2) 특성 측정시 주의사항

- a) 조명용 Power LED 측정은 IESNA LM-79(2008)의 5. Stabilization of SSL

Products에 규정하고 있는 안정상태에서 측정해야 한다. 어느 특정 시점에서 10분 이내의 광속변화율이 1% 미만일 때를 안정상태로 정한다.

- b) 전위 기준점은 음극단자의 전위로 한다.
- c) 광속을 측정할 경우 부속서의 측정방법에 따르며, 외부로부터의 빛 또는 다른 방사에 의해 측정치가 영향을 받지 않도록 적당한 차광을 해야 한다.

**(3) 검사수준 및 AQL**

KS A 3109(2002)의 보통검사 1회 샘플링 검사방법으로 <표 1>에 따르며, 그룹별로 별도의 시료를 샘플링해 시험한다.

**2.4.3 시험순서**

신뢰성 인증을 받고자 하는 업체는 인증받고자 하는 조명용 Power LED의 구조, 제조공정, 주요 부품인 칩 및 형광체 등의 사양을 제시해야 한다. 모든 시험은 <표 1>에 기술된 그룹별로 정해진 순서대로 수행해야 하며, 동일한 시료로 일련의 시험을 수행하는 경우에는 앞서 수행한 시험의 영향이 다음에 시험하는 시험결과에 영향을 미쳐서는 안 되며, 파괴시험은 언제나 마지막으로 수행해야 한다. 단, 파괴시험은 별도의 시료로 시험할 수 있다.

<표 1> 성능평가지험 기준

그룹번호	시험구분	시 험 항 목	시험방법 및 요구성능	검사수준	AQL(%)
A	특 성	점등상태	성능평가지험 3.1	G - I	2.5
		순전압	성능평가지험 3.2	S - 1	2.5
		역전류	성능평가지험 3.3	S - 1	2.5
		광속(광도)	성능평가지험 3.4	S - 1	2.5
		상관색온도	성능평가지험 3.5	S - 1	2.5
		연색성	성능평가지험 3.6	S - 1	2.5
		리드선굽힘	성능평가지험 3.7	S - 1	2.5
B-1	환 경	고온방치시험	신뢰성평가지험 4.1	S - 1	2.5
B-2		온도사이클시험	신뢰성평가지험 4.2	S - 1	2.5
B-3		온습도사이클시험	신뢰성평가지험 4.3	S - 1	2.5
B-4		열충격시험	신뢰성평가지험 4.4	S - 1	2.5
B-5		정전기시험	신뢰성평가지험 4.5	S - 1	2.5
B-6		진동시험	신뢰성평가지험 4.6	S - 1	2.5
C	가속시험	고온고습시험	가속시험 5.	5.4의 <표 2>	

### 3. 성능평가지험

신뢰성인증 시험은 성능평가지험, 신뢰성평가지험 및 가속시험으로 구분하며, 성능평가지험 항목의 평가수준 및 성능수준은 조명용 Power LED가 요구하는 수준을 채택한다.

#### 3.1 점등상태

정격전류로 점등한 상태를 육안으로 검사하여 미 점등, 점멸현상, 현저한 광속저하 등이 없어야 한다.

#### 3.2 순전압

순전류를 흘렸을 때 측정된 전압 즉, 순전압( $V_F$ )이 제품사양의 기준치 이내이어야 한다.

#### 3.3 역전류

역전압을 흘렸을 때 측정된 전류 즉, 역전류( $I_R$ )가 제품사양의 기준치 이내이어야 한다.

#### 3.4 광속

광속( $I_v$ )은 <부속서 그림 1>에 의한 측정방법으로 측정하여 제품사양의 기준치 이상이어야 한다.

#### 3.5 상관색온도

상관색온도(K)는 제품사양이 KS A 3325(1992)의 표1의 광원색 기준에 적합해야 한다.

#### 3.6 연색성

연색성은 제품사양이 KS A 3325(1992)의 표2와 표3의 연색 평가수가 70이상이어야 한다.

### 3.7 리드선 굽힘

리드선 끝에 2.5N의 추를 고정하고, 조명용 Power LED 패키지의 끝 부분을 잡아 조명용 Power LED의 축 방향을 기준으로 좌우로 45° 씩 3회 왕복시켰을 때 리드선의 단선 또는 패키지의 크랙이 없어야 한다(좌우로 45° 씩 1회 왕복 소요시간은 5초).

## 4. 신뢰성평가지험

조명용 Power LED는 제조공정에서 검출되지 않는 초기고장을 검출할 수 있는 환경 스트레스의 요건을 감안하여 KS C 0210(1998), KS C 0220(1999), KS C 0221(1999), KS C 0228(2001), KS C 0240(1998), JESD22-A114E(2007) 및 JEITA ED 4701(2001)에서 규정하는 방법 중에서 선정하고, 환경시험 후의 시험 및 판정기준은 특성 시험의 기준을 적용한다.

시험은 각각의 환경시험 별로 별도의 시험하며, 각각의 환경시험이 완료되면 3.2 순전압, 3.3 역전류 및 3.4 광속의 특성에 적합해야 한다.

### 4.1 고온방치시험

온도 ( $100 \pm 2$ )°C, 72시간 동안 조에 넣고 꺼내어 표준상태에서 2시간 방치한 후에 시험을 한다. 시험 후 3. 성능평가지험의 3.1~3.6 항목에 적합해야 한다.

### 4.2 온도사이클시험

미점등 상태에서 조에 넣고 온도 ( $-40 \pm 2$ )°C 상태에서 30분 유지한 후 하강시간 20분, 온도 ( $25 \pm 2$ )°C 상태에서 10분 유지하고, 상승시간 20분, ( $100 \pm 2$ )°C 상태에서 30분 유지하며, 하강시간 20분, ( $25 \pm 2$ )°C로 10분 상태로 유지하며, 상승시간 20분, 다시 ( $-40 \pm 2$ )°C를 1주기로 하여 20주기를 운전한 후에 조에서 꺼내어 표준상태에서 24시간 방치 한 후에 시험을 한다. 시험 후 3. 성능평가지험의 3.1~3.6 항목에 적합해야 한다.

### 4.3 온습도사이클시험

미점등 상태에서 조에 넣고 온도 ( $25 \pm 2$ )°C, 90~98% R.H. 상태에서 8시간을 유지한 후 상승시간 90분, 온도 ( $65 \pm 2$ )°C, 90~98% R.H. 상태에서 8시간 유지하고, 하강시간 90분, ( $-10 \pm 2$ )°C 상태에서 8시간 유지하며, 상승시간 90분, 다시 ( $25 \pm 2$ )°C를 1주기로 하여 20주기를 실시한 후에 조에서 꺼내어 표준상태에서 24시간 방치 한 후에 시험을 한다.

시험 후 3. 성능평가지험의 3.1~3.6 항목에 적합해야 한다.

#### 4.4 열충격시험

시험품을 열전도가 적은 부착구 또는 지지구에 부착한 상태로 공기의 흐름이 방해받지 않는 상태로 배치하여  $(-40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 에서 5분 유지한 후에 2~3분 이내에  $(100 \pm 2)^\circ\text{C}$ 의 조에 바꿔 넣고 5분 유지하는 것을 1주기로 하여 20주기를 운전한 후에 조에서 꺼내어 표준상태에서 2시간 방치한 후에 시험을 한다. 시험 후 3. 성능평가지험의 3.1~3.6 항목에 적합해야 한다.

#### 4.5 정전기시험

특별한 언급이 없는 한 JESD22-A114E(2007)을 참조하여 HBM 모델로 시험을 실시한다. 시험시의 습도조건을 명기한다. 정전기방전시험은 정격 인가상태에서 핀이나 케이스윗면에서 시행한다. 에너지 축적용 콘덴서 100pF와 방전저항 1.5k $\Omega$ 을 규정된 시험규격에 맞게 연결하고 접촉방전(또는 기중방전)  $\pm 2\text{kV}$  레벨로 정극성 및 부극성으로 각 1회 직각으로 인가한다. 시험 후 시료의 겉모양의 현저한 이상이 없으며 제품사양의 초기치 대비 허용 변화량 이내이어야 하고, 3. 성능평가지험의 3.1~3.6 항목에 적합해야 한다.

#### 4.6 진동시험

정현파 진동시험방법을 따른다. 진동의 엄격도는 3개의 파라미터, 즉 진동수 범위, 진동의 강도 및 내구 시험시간(시험 방향에 따른 스위프 사이클 또는 시간)의 조합으로 규정한다. 본 기준에서는 진동수 범위 (20 ~ 2,000)Hz과 스위프 시간 4분, 200 m/s<sup>2</sup>을 엄격도로 하여 서로 직각인 3축 X, Y, Z 3축에 대하여 각 4회씩 시험한다. 진동수의 허용차는 KS C 0240(1998)에 따라 기준점 제어 신호의 진폭 허용차는 15%로 한다. 시험 후 시료의 겉모양의 현저한 이상이 없으며 제품사양의 초기치 대비 허용 변화량 이내이어야 하고, 3. 성능평가지험의 3.1~3.6 항목에 적합해야 한다.

### 5. 가속시험

조명용 Power LED에 대한 가속시험은 다음에 제시된 바와 같이 시험하여 무고장인 경우 신뢰수준 90%에서 정해진 수명을 보증한다.

## 5.1 가속시험방법

조명용 Power LED의 가속시험은 LED의 광속 열화에 영향을 주는 환경조건인 온도 및 습도를 시험시간 동안 일정하게 유지하면서 시험을 진행한다. 이때 측정간격은 100시간으로 한다.

## 5.2 가속시험 조건의 결정

조명용 Power LED의 가속수명시험 기준은 NCCW002JT(2005), NS6W083T(2006) 및 RS C 0047(2004) 등의 고온동작 85℃에서 수명 시험하도록 되어있으나, 본 규격에서는 환경스트레스인 온도 85℃, 습도 85% R.H. 그리고 제품사양의 정격전류를 인가하여 실시한다.

## 5.3 시험시료의 샘플링 방법

가속시험에 필요한 시료는 최근에 생산된 일련의 로트에 대해 3점의 성능평가지험에 합격된 로트에서 랜덤 샘플링을 한다.

## 5.4 시험조건 및 고장판정기준

신뢰성인증을 받고자하는 조명용 Power LED의 시험조건은 <표 2>와 같다.

<표 2> 시험조건

시험항목	시험조건	판정기준
가속시험	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 온도 : (85 ± 2)℃</li> <li>○ 습도 : (85 ± 3)% R.H.</li> <li>○ 입력력 : 제품사양에 따름</li> <li>○ 시험시간 : 1000</li> <li>○ 시료수 : 35개</li> <li>○ 신뢰수준 : 90%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 미 점등, 점멸현상 등이 있는 경우</li> <li>○ 초기광속 값의 70% 이하</li> </ul>



## 5.5 시험방법

시험시작 전에 <표 1>의 시험항목을 시험하여 점등상태에 이상이 없는 시료를 초기광속을 측정하여 기록하고 점등한 상태로 <표 2>의 시험조건에서 35개의 시료를 1,000시간동안 시험한다.

## 5.6 수명보증

조명용 Power LED 패키지 35개를 시험 조건인 온도 85℃, 습도 85% R.H.에서 시험하였을 때 고장이 발생하지 않으면 <표 3>의 수명을 보증한다.

<표 3> 보증수명

평가품목	조명용 Power LED 보증 수명	
	신뢰수준	B <sub>10</sub> 수명(시간)
조명용 Power LED	90 %	16 500

# 6. 가속시험 분석방법의 이론적 배경

## 6.1 고장시간 추정

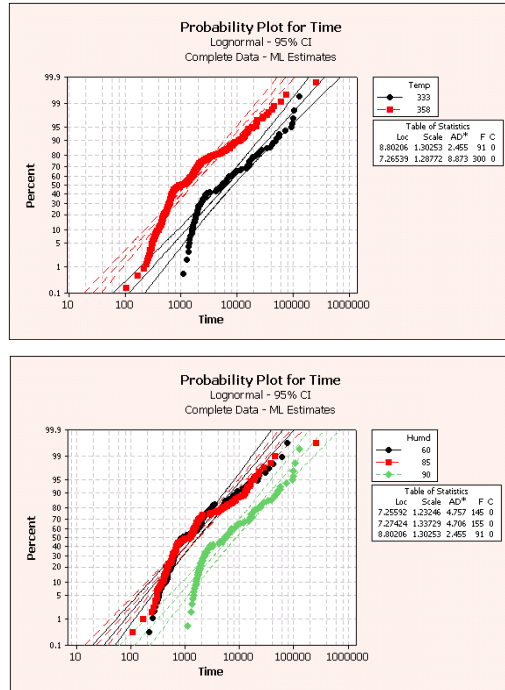
본 가속시험 방법으로 얻어진 특성데이터를 이용하여 열화모델(지수모델)을 결정하고 고장시간을 추정한다. 이때 고장판정기준으로는 시료의 미 점등 또는 초기광속 70% 이하가 고장 난 시점으로 정의한다.

## 6.2 수명분포

조명용 Power LED의 칩과 에폭시 수지 등의 사양을 고려하여 온도 85℃, 습도 85%에서 1000시간 동안 가속시험 한 결과 고장시간의 수명분포는 대수정규분포를 따른다.

## 6.3 가속성 검증

가속시험의 가속성 검증에 대한 결과는 다음과 같다. <그림 1>로부터 가속조건에서의 동일성 검증을 수행한 결과 대수정규분포에서 척도모수는 동일함을 알 수 있다.



< 온도 가속검정 >

(카이제곱검정, p=0.89)

< 습도 가속검정 >

(카이제곱검정, p=0.60)

<그림 1> 가속성 검증

## 7. 결론

조명용 Power LED는 에너지 절감시키는 차세대 광원으로서 전기·전자, 통신 및 산업 기기에 표시용, 지시용과 일반조명용으로 널리 사용되고 있다. 하지만 해당 아이템의 국제 경쟁력의 확보를 위해 신뢰성평가기술 및 기준이 개발될 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 조명용 Power LED의 신뢰성인증을 위해 성능평가지험, 신뢰성평가지험 및 가속시험을 어떻게 실시해야 하는지 제안했다.

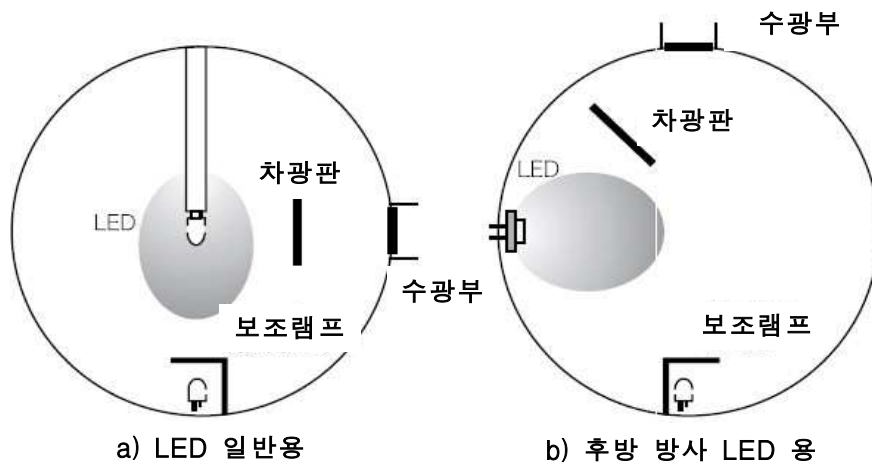
가속시험의 경우 열화모델로 지수모델을 사용했고, 수명분포로는 로그정규분포가 적합한 것으로 판명되었다. 하지만 샘플이 다른 경우 열화모델은 물론 수명분포도 다르게 나올 수 있다. 따라서 추후 과제에서는 일반적인 경우 가속시험을 통해 보증수명을 어떻게 보증할 것인지 살펴보기로 한다.

## 부속서

### 1. 광속( $I_v$ )

#### 1.1

측정원리 측정원리는 JIS C 8152(2007)에 규정한 방법에 따르며, 표준광원은 CIE 127(2007) 규격의 Reference Standards에서 규정한 광원으로 한다. 직경 60 mm 이상인 경우는 후방 방사 LED 용으로 측정한다.



<부속서 그림 1> 전광속 측정용 적분구 구성 예

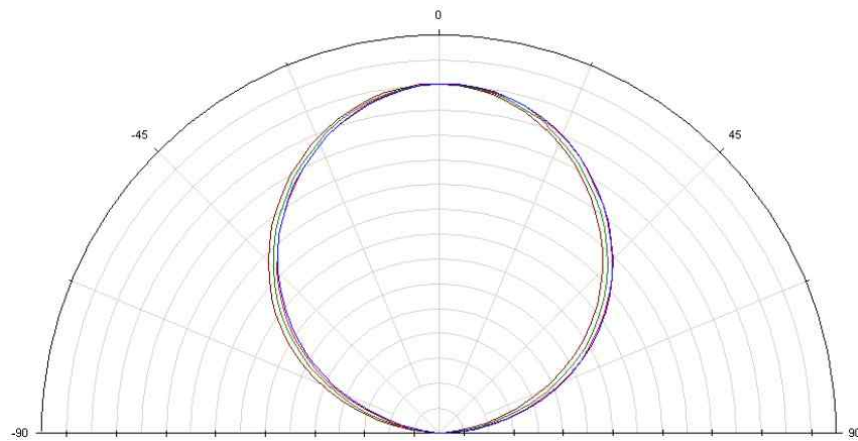
#### 1.2 측정 순서

- (1) 시험용 조명용 Power LED를 그 외형구조에 따라 정해지는 상태로 설치하고, 발광면의 중심과 고니오(Gonio) 수광면의 중심을 통하는 직선에 대해 각 면이 수직이 되도록 양자를 설치한다.
- (2) 시험용 조명용 Power LED에 규정된 순전류를 공급하고, 고니오의 눈금으로부터 광도를 구한다.

## 2. 배광 특성

### 2.1 측정 순서

- a) 시험용 조명용 Power LED의 발광면 중심과 고니오 수광면의 중심을 통하는 직선에 대해 각면이 수직으로 되도록 설치한다.
- b) 조명용 Power LED의 광중심과 축과 수광면 사이의 측광거리를 광중심과 수광면의 크기에 따라 정해지는 입체각이 적정하게 되도록 잡는다.
- c) 시험용 조명용 Power LED에 규정된 순전류를 공급한다.
- d) 시험용 조명용 Power LED의 발광면상에서 그 중심을 통하는 축 주위로 고니오를 회전하는 경우 이 조명용 Power LED를 고정하고, 회전각도와 고니오의 눈금으로부터 배광 특성을 구한다. (조명용 Power LED를 회전하는 경우는 고니오를 고정한다).
- e) 배광 특성 그림의 표시 예는 <부속서 그림 2>과 같다.



<부속서 그림 2> 배광특성 예

## 참고문헌

- [1] KS A 3325 (1992), 형광 램프의 광원색 및 연색성에 따른 구분.
- [2] KS C 0210 (1998), 환경 시험 방법(전기·전자) 통칙.
- [3] KS C 0220 (1999), 환경 시험 방법-전기·전자-저온(내한성) 시험 방법.
- [4] KS C 0221 (1999), 환경 시험 방법-전기·전자-고온(내열성) 시험 방법.
- [5] KS C 0228 (2001), 환경 시험 방법-전기·전자-온습도 조합(사이클) 시험 방법.
- [6] KS C 0240 (1998), 환경 시험 방법(전기·전자) 정현파 진동 시험 방법.
- [7] KS C 7104 (2005) 발광 다이오드(LED)의 성능 평가 방법
- [8] KS C IEC 60050-845 (2009) 국제전기기술용어 - 제845장: 조명
- [9] KS Q ISO 2859-1 (2008), 계수치 샘플링검사 절차-제1부 : 로트별 합격품질한계(AQL) 지표형 샘플링검사 스킴.
- [10] KS Q 1003 (2006), 랜덤샘플링방법.
- [11] RS C 0047 (2004), 고휘도 발광다이오드.
- [12] CIE 127 (2007), Measurement of LEDs, International Commission on Illumination.
- [13] IESNA LM-79 (2008), Approved Method for the Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, The Illuminating Engineering Society of North America (IESNA).
- [14] JEITA ED 4701 (2001), Environmental and endurance test methods for semiconductor devices.
- [15] JESD22-A114E (2007), Electrostatic Discharge(ESD) Sensitivity Testing Human Body Model (HBM).
- [16] JIS C 8152 (2007), Measuring methods of white light emitting diode for general lighting.
- [17] NCCW002JT (2005), Specifications for NICHIA Chip Type White LED, NICHIA CORPORATION.
- [18] NS6W083T (2006), Specifications for NICHIA Chip Type White LED, NICHIA CORPORATION.