F012659

첨단도시개발사업 제1차년도 중간보고서

R&D/06건설핵심D17

첨단 미래형 건축물에 적용 가능한 친환경 고효율 LED조명기구 개발

2007. 8. 27

주관연구기관 / 중부전기전자(주)
위탁연구기관 / 한국조명기술연구소
위탁연구기관 / 세종대학교

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

TEP
409

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 "첨단 미래형 건축물에 적용 가능한 친환경 고효율 LED조명기구 개발"의 중간보고서로 제출합니다.

2007 . 8. 27.

주관연구기관 : 중부전기전자(주)
대표이사 이 주 성

위탁연구기관 : 한국조명기술연구소
이사장 김 종 학

: 세종대학교 산학협력단
단장 이 경 태

KICTEP
RP03409

■ 총 괄 연 구 책 임 자 / 대표 이주성 총괄

■ 주관연구기관 참여연구원 / 이사 박완기 구동회로
/ 이사 이주천 광원 설계
/ 전무 이영수 광원 분석
/ 부장 채무일 통신 설계
/ 이사 이현우 등기구 설계
/ 차장 이경준 구조적 분석
/ 실장 김복선 전기적 평가
/ 과장 주희정 광원 설계
/ 주임 김권일 광원 설계
/ 과장 김지용 자료 수집
/ 과장 하승석 회로분석
/ 대리 전의경 PCB 제작
/ 대리 김혜경 자료 수집
/ 주임 김경희 신뢰성 분석
/ 소장 정지영 신뢰성 시험
/ 팀장 이은정 디자인
/ 실장 배민규 기구 설계
/ 팀장 정흔식 시험 분석
/ 팀장 이동화 회로 설계

■ 위탁연구기관 참여연구원 / 책임 황명근 총괄
/ 선임 신상욱 설계
/ 선임 조미령 측정
/ 선임 이세현 분석
/ 선임 임종민 시험

■ 위탁연구기관 참여연구원 / 책임 최안섭 평가 분석
/ 책임 전정윤 평가 분석
/ 연구원 박병철 색온도 설계
/ 연구원 정근영 색온도 설계
/ 연구원 김유신 프리즘 설계
/ 연구원 장준호 프리즘 설계
/ 연구원 권서현 조명과 환경
/ 연구원 최유림 조명과 환경

요 약 문

Ⅰ. 첨단미래형 건축물에 적용 가능한 친환경 고효율 LED조명기구 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

기존의 형광등이나 백열등을 대체할 수 있고 에너지 효율이 높은 LED 기술을 활용하며 유비쿼터스 시대에 맞춰 사용자의 환경 및 생리·심리학적 감성을 고려하여 사용자에게 최대한의 쾌적을 제공하고 삶의 질을 향상시킬 수 있는 첨단 미래 건축조명시스템 기술의 구현 및 상용화

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

고효율 조명을 위한 광학계/Lens 설계

- 효율적 발열 설계를 적용한 기구 설계 및 개발
- 제어회로기반의 LED광원 구동시스템 개발
- 생리학적/심리학적 감성제어형 적용을 위한 LED광원 시스템 기술
- LED 조명 시스템의 표준규격 개발
- LED 조명 시스템의 신뢰성 평가(안) 추진

Ⅳ. 연구개발결과

- 에너지 Saving 효과: 기존 조명등 대비 30%이상
- 장수명: 60,000 시간 이상의 완전 고체광원
- 광학적: 직접 조명 및 이상광원에 근접성 극대화
- IT 활용 및 응용 도모: DMX 기반의 Dimming 기술 및 Parallel control에 의한 네트워크 제어 (Intelligent 조명시스템 구축)
- 건실한 IT 기반산업에 영향력 있는 차세대 광원의 무한한 잠재적 시장과 기술
- 신재생 에너지 및 차세대 자원의 기반제공: 수소 경제체제 전이 및 2차 에너지 활용의 극대화
- RoHS(Restricting the use of Hazardous Substances) 기반의 황산화물 및 Pb, Hg 등에 둔화된 광원시스템 제공: 환경친화형 광원
- 고품위 및 고품질의 모듈성 광원 개발의 고조: 고부가가치의 광원 제품 제공
- 세계 조명시장의 예상규모(2010년): 1,320억 달러 -> 친환경/고효율 신광원의 수입대체 효과는 약 1.3억 달러, 수출 기대효과는 약 5,000만 달러 예상

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

- 고효율 LED광원의 상용화 및 응용분야 기술개발
- 실내의 직/간접 조명 등기구화 및 감성조명 시스템: 백열등/형광등 대체
- 일반조명용 베이스타입(주택, 거실, 학교 등)
- 옥내·외 광고, 자동차, 디스플레이용 등 다양한 응용제품 개발
  - 재료 및 장비개발에 의한 타 산업 파급 및 고용창출 효과
  - 차세대 조명 기술개발로 국내외 조명시장 점유율 제고
  - 저전력, 고휘도, 고효율 신조명으로 획기적 전력절감

▣ 목 차 ▣

제출문 3

요약문 5

제1장 서론
1. 연구개발의 필요성 9

제2장 국내·외 기술개발 현황
1. 국내 관련 기술 및 산업 동향 13

제3장 연구개발수행 내용 및 결과
1. 연구개발 목표 22
2. 연구수행 내용 및 성과 23
3. 당해연도 연구목표의 달성도 48
4. 연구개발 추진전략 및 방법 49

제4장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도
Ⅰ. 당해연도 연구개발 주요내용 50
Ⅱ 감성조명에 관한 조사 연구 64
Ⅲ. LED 조명에 대한 일반적 고찰 77
Ⅳ. LED 조명의 색온도 및 색채 연출에 관한 조사 83

제5장 연구개발결과의 활용계획
1. 연구성과의 활용방안 106
2. 연구성과의 기대효과 106
3. 연구성과의 기업 활용방안 107
4. 정부 정책과의 연계방안 110
5. 관련 후속연구개발의 전망 111

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 113

제7장 참고문헌 127

제 1 장 서 론

1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발 개요

형광등 및 백열등을 대체할 수 있는 광원이자 에너지 효율이 높은 LED조명기구를 개발하고 제품화하여 기존의 조명등과 비교하여 30% 이상의 에너지 절감 효과를 도 모한다. 또한 유비쿼터스 시대에 맞춰 사용자의 환경 및 생리·심리학적 감성에 따라 색온도 및 휘도, 빛의 밝기 등의 광학적 특성을 제어할 수 있는 조명시스템을 연구· 개발하여 사용자에게 가장 적합한 조명을 제공하도록 한다. 사용자에게 최대한의 쾌 적을 제공하고 삶의 질을 향상시킬 수 있는 첨단 미래 건축조명 시스템에 적용할 LED조명 기술을 구현하고 제품화 한다.

나. 연구개발의 중요성

(1) 기술적 측면

조명은 시각적인 정보를 전달하는 수단으로 인간 활동에 필수적인 기본요소이다. 조명은 대부분 값비싼 에너지인 전기를 사용하고 있으며, 단순 조명에서 쾌적한 환경 유지와 다양한 정보전달 수단으로서의 응용 분야가 늘어나고, 사용량도 크게 증가하고 있다. 21세기를 맞이하여 빛의 혁명이 시작되고 있는데, 고휘도 LED를 이용한 반도체 조명이 그 주역이다. 반도체기술의 획기적인 발달로 빛의 삼원색인 적색, 녹색, 청색뿐만 아니라, 가시광선, 적외선, 자외선 영역의 빛과 이를 이용하여 백색의 빛을 만들 수 있게 되었다. 태양에서 나오는 빛의 파장은 짧은 자외선부터, 사람의 시각을 자극시킬 수 있는 파장의 가시광선 그리고 파장이 긴 적외선에 이르는 넓은 파장범위를 모두 포함하고 있다. 이러한 빛 중을 조명에 사용하기 위해 인공적으로 가시광선을 만드는 일은 사실상 오래 전부터 시작되었다. 즉 선사시대의 모닥불에서 등잔불, 가스등 등을 거쳐 현대의 백열전구, 형광등에 이르기까지 끝임 없는 발전을 하여왔다. 그러나 사실상 조명을 위한 인공광원의 효시는 에디슨이 발명한 탄소 필라멘트 백열전구로부터 시작되었다고 할 수가 있다. 1940년대 초반 방전에 의해서 생기는 자외선이 칼슘할로인산 형광체를 여기 시켜 가시광선으로 변환시키는 형광등의 출현은 가정용, 산업용 조명으로, 매우 중요한 광

원으로 주류를 이루게 되는 상황에 이르렀다. 이러한 인공광원의 출현과 더불어 인류의 삶에 많은 변화와 번영을 주었던 시대의 분위기가 1970년대의 오일 쇼크를 정점으로 사회 모든 분야에서 에너지 절약을 강조하게 되었다.

표 1. 기술개발의 중요성: 기술적 측면

항 목	내 용
1. 에너지절약형 조명	- 저소비전력의 LED 소자를 조명용 광원에 응용
2. 반도체 조명	- 반도체 기술향상과 Power LED 및 UV LED구현
3. Intelligent 조명	- 정보통신 및 feed-back 제어를 통한 IT화
4. 감성 조명	- 환경/신체/심리학적 특성을 고려한 감성조명

(2) 경제·산업적 측면

종래의 단순표시기, 문자판 등에 주로 사용되었던 가시광선 저휘도 LED가 최근 화합물 반도체기술의 발달로 고휘도 적색, 주황, 녹색, 청색 및 백색 LED가 출현 됨에 따라 총천연색, 고신뢰성, 저전력소비, 소형화 요구의 다양한 분야에서 응용이 가능하게 되었다. 특히 백색 LED의 출현은 LED의 조명효율이 백열전구를 능가하게 됨에 따라 조명광원으로의 사용 가능성을 보여주고 있다. 발광효율이 높고, 수명이 긴 반도체 LED가 조명에 사용된다면 30% 이상의 전력 소모도 줄이고, 에너지 소모도 감소하여, 이에 따른 환경보존정책 및 에너지 소비와 관련된 화석경제체제에서 수소경제체제의 원활한 전이에도 부합될 것이다.

표 2. 기술개발의 중요성: 산업·경제적 측면

항 목	내 용
1. 에너지 절감	- 조명기기의 전력소비: 전체전력소비의 약 25% → 대폭적인 에너지 절감 (백열전구 대비 75% 이상)
2. 수입대체/수출기대	- 기존 조명시장의 교체 및 디스플레이 산업에 활용
3. RoHS compliant제품	- 납, 수은, 카드뮴 등의 중금속으로부터 안전화
4. 세계시장 선점	- 기술집약형 반도체 조명: 고부가가치형 산업

표 3. 잠재적 경제효과 분석: 국내 발전량 기준

(근거: 2005년 한국전력공사자료)

항 목	내 용	비 고
1. 국내 총발전량	6,226만 kW	- 원자력 발전소 1기 발전용량 : 100만 kW/기 - 원자력 발전소 1기 건설비용 : 1.5-2조원/기
2. 조명부문 소비량	25%(1550만kW)	
3. 고효율 조명기기	20%	
4. 절전잠재량	320만 kW(5-6조원)	- 원자력 발전소 3기 건설비용

(3) 사회·문화적 측면(정책적 측면)

조명기술은 인간생활에 기본이 되는 필수기술이면서 국가의 에너지 정책에 미치는 영향이 막대하므로 유럽 및 미국 등 선진국을 중심으로 에너지절약과 지구 환경개선을 위한 핵심기술의 하나로 선정하여 연구개발 및 보급에 적극적으로 지원하고 있다. 또한 조명제품에 대한 에너지 소비를 엄격히 규제함으로써 근본적으로 고효율 조명기기의 보급을 촉진을 유도하고 있다. 이러한 국가적인 지원정책과 병행하여 세계적 유수 조명업체들은 기술 정보구축과 기술발전을 도모하고 있다. 반도체 기술의 눈부신 성장과 더불어 LED를 이용한 조명기술이 선진국을 중심으로 급속히 발전되고 있으며, 일부 특수 조명기기에 응용되어 혁신적인에너지 절약 효과를 보이고 있다. 대형 조명회사인 필립

스, 오스람, GE 등을 중심으로 LED 조명 기술개발을 위한 연구를 경쟁적으로 추진 중에 있으며, 현재 저출력에서는 LED를 대표로 하는 고휘도 반도체 광원이 두각을 나타내고 있다. 이들 대기업들은 최근 GaN LED 제조기술을 보유한 벤처회사들과 손잡고 LED 조명사업을 위한 Joint Venture 기업을 시작했고, 기존의 GaN LED 제조회사인 Nichia, Cree, Toyoda Gosei까지 적극적으로 LED 조명 사업 영역 부분까지 확대하고 있다. 일반 조명분야 및 자동차용 조명분야로의 진출을 위해서는 LED 광원의 고출력, 고광속화에 대한 연구가 필수적이다.

표 4. 기술개발의 중요성: 정책적 측면

항 목	내 용
1. 차세대광원 후보	- 에너지 절감 및 친환경 정책에 의한 대체광원 후보
2. 국가적 전략화	- 美/日의 대형 국책사업화: 기술 및 특허동맹
3. 취약한 기반기술	- 중국/대만의 대량/저가 공세 - 국내 생산기술 기반 및 지원의 취약
4. 표준화 추진	- CIE/IEC 등 국제표준화 요구(KS/K 포함)

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

현재 LED로 대표되는 LED의 발광 효율수준은 55 lm/W로써 일부 특수 조명용으로 응용되고 있으며, 현재의 기술개발 추이를 고려하면 2012년경 100 lm/W의 달성이 가능하리라 예상하고 있다. 우리나라의 백색 LED 제조 및 LED 조명에 대한 기술은 매우 초보적이고 상용화는 부진한 수준이며, 아직 구체적으로 백색 LED를 위한 제조를 시작한 회사나 연구기관은 거의 없는 상태이다. LED 조명 기구 및 전원 장치 개발은 중소기업 위주로 하고 있어 아직 요소 기술 개발에 어려움이 있는 실정이다. 그러나 우리나라도 반도체 기술의 강국으로써 미래의 조명기술을 선도 할 수 있는 충분한 경쟁력이 있는 분야로 생각된다.

1. 국내 관련 기술 및 산업 동향

가. 국내 기술 및 산업 동향

우리나라의 조명용 소비전력은 2001년 기준으로 54,167 GWh로 당해연도 총 소비전력의 21% 수준이며, 경제발전 및 생활수준 향상에 따라 급격한 증가 추세를 보이고 있다. 지난 15년간 총 전기 소비증가율은 연평균 10.7%인 반면, 조명용 전기소비 증가율은 연평균 11.9%이었다. 국내의 백색 LED 제조에 대한 개발 수준은 초보적이고, 부진한 수준이며, UV LED용 칩을 위한 에피 향상 연구를 진행하고 있으며, 구체적으로 백색 LED를 위한 제조를 시작한 회사나 연구기관은 초기 상태이다. 반도체조명 기구 및 전원장치 연구개발에서 국내조명시장은 중소기업 위주로 하고 있어 요소기술 개발에 어려움이 있다. 그러나 우리나라는 범용 반도체 광원에 있어서 세계적인 생산국가로 반도체 제조기술 및 응용분야에 대한 잠재적인 기초기술은 보유하고 있기 때문에, 현재 국내 기술수준은 선진외국에 비해 뒤져 있으나, 특수 조명용 반도체광원 응용분야 및 제도적 규격 개발을 위한 조직적인 연구 및 기술개발을 할 수 있는 역량은 갖추고 있다. 현재 연구기관을 중심으로 21세기 조명기술로써 크게 각광을 받고 있는 LED 광원개발 및 응용기술에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이다.

표 6.국내 정책 및 기술적 배경 현황

항 목	내 용
1. 차세대광원 후보	- 에너지 절감 및 친환경 정책에 의한 대체광원 후보
2. 국가적 전략화	- 美/日의 대형 국책사업화: 기술 및 특허동맹
3. 취약한 기반기술	- 중국/대만의 대량/저가 공세 - 국내 생산기술 기반 및 지원의 취약
4. 표준화 추진	- CIE/IEC 등 국제표준화 요구(KS/K 포함)

(1) 국내 주요 관련 업체 (led칩 제조사)

업체명	업체별 능력	비 고
삼성전기	칩기술/ 패키징기술/ 설계기술	저출력/고출력 LED
LG 이노텍	설계기술/ 신제품개발력	저출력/고출력 LED
서울반도체	칩기술 /패키징기술/ 설계기술	저출력/고출력 LED
광전자	칩기술/ 설계기술	저출력/고출력 LED
대진디엠피	설계기술/ 신제품개발력	저출력/고출력 LED

(2) 국내연구 인프라 수준

기술분야	인프라 항목	선진국 대비 인프라 수준				
		부족	다소부족	동등	우월	보다우월
	전문~인력 보유정도		●			
	인프라 구축정도		●			
	칩제조기술	●				
	패키징기술	●				
	설계기술		●			
	신제품개발력			●		
	신뢰성	●				

(3) 국내 기술개발 수준

우리나라와 일본, 대만간의 기술경쟁력을 패키징 기술, 설계기술, 신제품 개발력은 일본 업체에 비해 약 10% 정도 열세로 한국은 일본보다 기술수준이 저위상태인 것으로 평가되며, 대만과의 비교에서는 칩제조 기술(20% 정도 열세)을 제외한 다른 항목에서 한국이 대만보다 약간 우위인 것으로 평가하였음. 그러나, 패키징 기술은 선진국 수준에 거의 도달한 것으로 평가됨.

세부기술 내용	국외 현황 (주요선진국명)	국내 개발 현황	수준 (국외대비)
세부기술 1	패키징기술: 니치아(日)	삼성전기	91.2%
세부기술 2	칩제조기술: 니치아(日)	광전자	79.2%
세부기술 3	설계기술: 니치아(日형)	삼성전기	90.4%

나. 국외 기술 및 산업 동향

조명용 광원에 있어서 그 동안 세계적 기술 동향은 출력이 높고 수명이 길며, 고연색성을 목표로 했던 시기를 지나서 고효율화와 함께 에너지 절약 및 자원 절약을 중심으로 하는 단계를 거쳐, 최근에는 이와 더불어 쾌적성, 안전성, 지구환경 보호를 주제로 하는 기술개발이 이루어지고 있다. 지금까지의 대표적인 조명용 광원인 백열등, 형광등을 중심으로 한 조명기술은 광 변환 효율, 연색성, 수명 향상과 응용성이 한계가 있기 때문에 대형 조명회사인 필립스, 오스람, GE 등을 중심으로 새로운 조명기술 개발을 위한 연구를 경쟁적으로 추진 중에 있으며, 현재 저출력에서는 LED를 대표로 하는 고휘도 반도체광원이 두각을 나타내고 있다. 반도체광원을 이용한 조명장치의 대표적인 사례로 LED 신호등이 있으며, 현재표시 및 지시용 조명분야에서 실용화되어 보급되고 있다. 본격적인 실내조명용으로 적용은 반도체광원의 기술개발추이와 맞물려 2007년경 가능할 것으로 전망하고 있다.

2001년 조명기기 세계시장 규모는 총 711억$(램프 311억$, 조명기구

400억$)로서 필립스, 오스람, GE사 등이 세계 시장의 56%를 점유하고 있으며, 도시바, 미쓰비시를 포함하면 5개사가 세계시장의 70%를 점유하고 있다. 국가별로는 유럽이 249억 불(35%), 미국이 185억 불(26%), 일본이 92억불(13%)이며, 한국은 14.5억 불로 세계 조명시장의 2%를 점유하고 있다.

앞에서 지적한바와 같이 현재 기존 조명기기의 세계적으로 대표적인 3대기업인 GE, 오스람, 필립스 등이 최근 GaN LED 제조기술을 보유한 벤처회사들과 손잡고 LED 조명사업을 위한 Joint Venture 기업을 시작했고, 기존의 GaN LED 제조회사인 Nichia, Cree, Toyoda Gosei까지 적극적으로 LED 조명사업 영역 부분까지 확대하고 있다. 일반 조명 분야, 자동차용 조명 분야 및 경관 조명으로의 진출을 위해서는 LED 광원의 고출력, 고광속화에 대한 연구가 필수적으로, 기술적으로 실험실수준에서 100 lm/W 이상의 효율을 얻었고 양산화를 계획하고 있다.

조명용 반도체광원 모듈화 기술개발을 위하여 일본의 경우 "21세기 빛 프로젝트"라는 명칭 아래 산학연이 연계되어 1998년 후반부터 연구개발을 시작하였으며, 미국은 에너지부(DOE)를 중심으로 "비전2020"이라는 프로젝트를 기획하여, 200 lm/W를 목표로 기술개발을 하고 있다. 세계 3대 조명회사인 GE, 오스람, 필립스에서도 Joint Venture 형태로 기술개발을 하고 있다.

미국은 DOE가 중심이 되어 현재 "Next Generation Lighting Initiative"가 상원에서 통과된 상황인데, 2020년까지 전체조명의 50%를 바꾸고자 하는 거대한 계획을 갖고 있다. 2007년까지는 백열전구를 완전히 대체할 수 있는 50 lm/W를 목표로 하고 있으며, 2012년까지는 150 lm/W를 이루어 형광등을 완전히 대체할 수 있는 광원을 만들고, 2020년도에는 200 lm/W의 백색광원을 만드는 것을 목표로 하고 있다.

표 5. 미국 LED 조명 개발 목표

항목 \ 연도	2002	2007	2010	2012	2020	백열구	형광등
효율[lm/W]	25	75	120	150	200	15	80
Input Power/Lamp [W]	1	2.7	-	6.7	7.5	100	40
LED 시장 점유율[%]	-	-	13	50	90		
Cost [$/k lm]	200	20	7	5	2	0.4	1.5
CRI	75	80		>80	>80	95	75

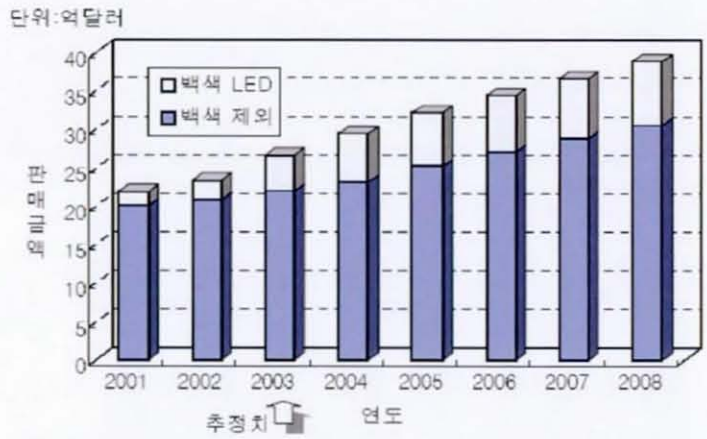
백색 LED가 무엇보다도 차세대 일반 조명기구로 위상을 확립할 수 있다고 예상하는 근거로는 LED 기술의 눈부신 발달로 10년마다 발광효율이 30배씩 증가하였고, 칩 가격을 10년마다 10분의 1로 하락시켰던 반도체기술의 발달을 고려할 수가 있다. 현재의 백색 LED의 조명효율이 약 55~60 lm/W로 일반 조명으로 사용하기에 필요한 100 lm/W 이상에는 부족하지만, 연도에 따라 백색 LED 효율의 점차적 증가를 기대할 수 있다.

일본은 최근 전력소비가 계속적으로 늘고 있는데, 조명을 위한 전력은 소비량의 16%를 차지한다. 전력에 대한 미래의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상하고 있으며, 환경의 영향에 대한 관심을 가지고 있다. 이러한 상황에서 LED는 21세기 조명으로 관심을 끌고 있다. "21세기 조명 프로젝트"라고 명명된 NEDO의 프로젝트는 43%의 세계에서 가장 높은 발광효율을 달성하였다. 이것은 일본의 산업경쟁력을 향상시키는데 기여할 것으로 예상된다. 일본은 1998년 8월부터 이 프로젝트를 시작하여 2010년까지는 에너지 소비에 의해 발생되는 CO2 방출을 1990년도 수준인 약 6%까지 줄이기 위한 방법으로 효율이 높은 백색 LED를 이용한 반도체 조명을 생각하기에 이르렀다. 최종목표는 120 lm/W의 백색광원을 만드는 것으로 수명이 100,000시간 이상. 칩의 단가가 5엔 정도를 목표로 하고 있다. 이것을 달성하기 위하여 산학연이 협동하여 기술개발을 수행하고 있다.

(1) 주요국가의 시장규모



(가) 전 세계 LED 생산규모

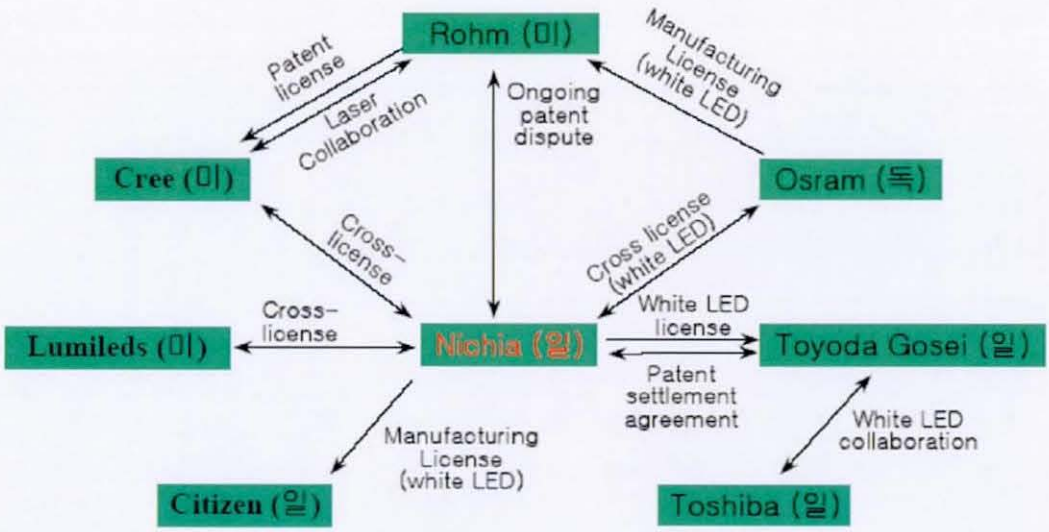


(나) 전 세계 LED 판매금액

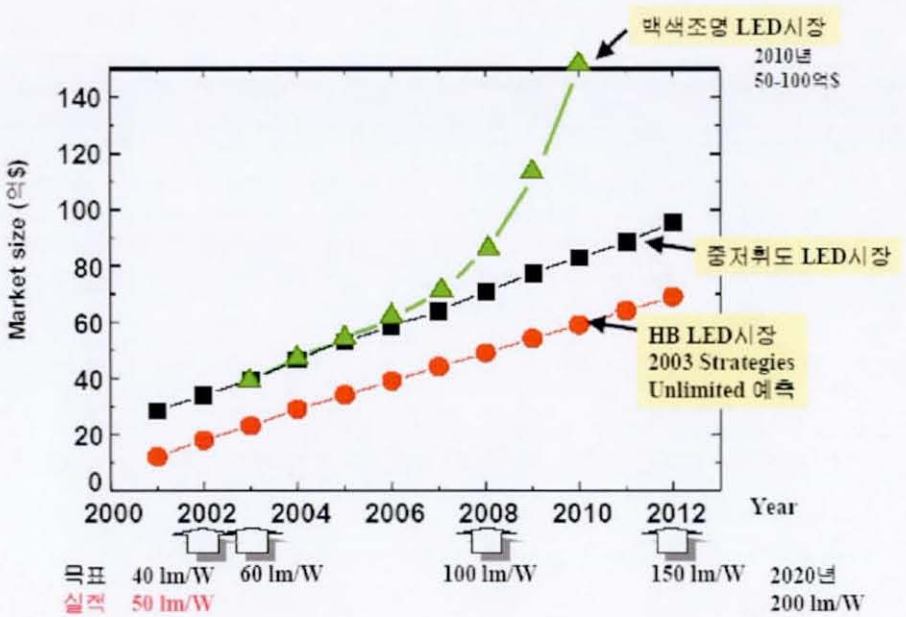
자료: 2004 유망전자부품재료, 후지키메라연구소
(KISTI 재구성, $: ¥=1 : 0.00912)

(2) 세계시장을 선도하는 주요 업체

업체명(국적)	업체별 능력	중점 분야
Nichia	-형광체기술/칩제조기술/패키징기술/설계기술/신제품개발력	led칩제조
오스람	-형광체기술/칩제조기술/패키징기술/설계기술/신제품개발력	led칩 /모듈
Lumileds	-형광체기술/칩제조기술/패키징기술/설계기술/신제품개발력	led칩
Rohm	-형광체기술/칩제조기술/패키징기술/설계기술/신제품개발력	led칩
Toshiba	-형광체기술/칩제조기술/패키징기술/설계기술/신제품개발력	led칩



LED 선진국 기술동맹현황



LED 시장규모 및 LED 기술목표

다. 특허 동향

국내

번호	특허명	보유기관명	출원일
1998-068064	백라이트용 엘이디 판넬	오리온전기	
1998-068069	엘씨디 백라이트용 엘이디 판넬	오리온전기	
1997-028700	액정 디스플레이의 Backlight 제조 방법 판	삼성전관	
1998-022685	엘씨디(LCD)판넬	LG반도체	
1998-041095	액정표시장치 모듈용 엘이디 판넬	오리온전기	
1999-019346	Backlight 발광 다이오드 제어 장치	삼성전자	
2000-060074	동단말기용 발광다이오드 제어장치 및 방법	엘지정보통신 이	
2001-027129	표시 장치용 백라이트 장치	전자부품연구원	
2001-076312	도광판, 면광원 장치 및 표시장치	일본 가부시키가	
2001-035369	듀얼 폴더의 Backlight 장치	현대전자	
2002-051874	액정 디스플레이 장치	도요다고세이	
2002-056718	보호용 표면윈도우가 일체화된 LCD 디스플레이	현대엘씨디	
2002-056720	엘이디 Backlight 구조	현대엘씨디	
2002-076687	LED가 일체화 된 도광판	팬택앤큐리텔	
2002-071642	백라이트 및 그 제조방법	엘지.필립스엘시디	
2002-064361	조명 시스템 및 디스플레이 디바이스	루미리즈라이팅	
2002-058653	엘시디의 백라이트용 인버터	삼성전기	
2002-043170	LCD를 위해 칼라 분리된 백라이트	루미리즈 라이팅	

라. 종합 결론

(1) SWOT분석

강점	-유비쿼터스 및 인텔리전트 건물에 도입하여 중앙시스템 제어 가능 -산학연의 활발한 R&D 및 시장진입 -유니버설 시스템을 도입하여 인체에 유익한 빛 제공	약점	-핵심 원천 기술력의 부족 -기술혁신의 전문기술인력 부족 -학연의 연구기반 초기단계 -핵심 부품·장비기술의 취약
기회 요인	-일반 가정주택 및 사무실 등 다양한 건축물에서의 효과적인 조명 제공 -세계시장의 급팽창과 신규시장의 지속적 출현	위협 요인	-국가·업체별 전략적 제휴 등으로 경쟁 심화 -선진국 특허기술의 무기화 -해외 경쟁국과의 기술격차 심화 -중국·대만 등의 저가 공세

(2) 시사점 및 결론

미국이나 일본 등의 많은 경쟁국가들에서는 기존의 형광등이나 백열등이 일으키는 환경적인 문제들과 LED의 돋보이는 에너지 절감율 때문에 이미 오래 전부터 국가 정책적으로 LED를 주광원으로 대체하기 위하여 기술 개발 및 제품화에 많은 지원을 해왔으며 오스람, GE, 필립스 등과 같은 조명산업의 대기업에서도 LED를 미래의 대체 광원으로 보고 그에 대한 연구와 기술개발에 많은 투자와 지원을 해왔다. 현재 선진국에서는 특허 및 기술 연구부분에서 앞서있어서 국내와는 심한 기술적 격차를 보이고 있지만 이 연구개발을 통하여 경쟁국과 동일한 수준 또는 그보다 앞선 수준의 기술을 보유하게 되면 급팽창해 가는 세계시장에 보다 많은 부분을 차지할 수 있을 것으로 보인다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

1. 연구개발 목표

가. 최종목표

○ 첨단 미래형 건축물에 적용 가능한 친환경 고효율 LED 조명기구 개발

- 광효율 80 lm/W이상(백열등 및 형광램프 대체용)
- 최적화된 방열 구조유도 및 소재가 적용된 기구개발
- 수명 : 60,000 hrs.이상
- LED램프별 소비전력 : 전구형 6.2W.13W. 18W. 24W.30W.
- LED램프별 색온도 : 백색 3000 ~ 9000k

  컬러전구(적색. 청색. 녹색. 황색. 핑크색. 청녹색)
- 등기구내에 센서를 부착하여 감성조명을 구현

나. 당해연도 목표

연구목표	주요 연구내용
▪HB 어레이 LED광원의 최적화 연구	▪LED조명 선진국 사례조사, 연구 ▪HB LED 어레이 모의시험, 비교분석
▪HB 어레이 LED광원의 주요성능 평가 방안 연구	▪일반조명 광원 및 시스템 특성별 국내외 기술 정보 분석활용 ▪광학적, 전기적, 구조적 특성관련 자료분석
▪HB 어레이 LED광원의 광학적 성능평가 방법 도출	▪광학적 시험방안 도출 ▪LED광원의 DB화에 따른 표준화안 조사연구
▪기존 HB LED광원류의 전기적, 광학적 특성 분석	▪Luminous flux ▪Color Temperature ▪CIE 색좌표, 연색성 등
▪유사 시판품 측정 및 분석	▪전압, 전류, 전력, EMI, 가속내구시험 신뢰성 평가 등의 특성에 대한 DB 구축
▪공간별 사용자의 행동 패턴에 관한 조명의 특성에 관한 임상시험	▪공간의 분류 및 Prototype 선정 ▪공간별 기준조도 조사 및 선정 ▪임상시험을 통한 공간별 색온도 계획
▪사용자별 특성 연구 및 색온도 선호에 관한 임상시험	▪연령대별 시각 및 신체적 특성 ▪연령대별 행위와 환경의 관련성 ▪연령·성별에 따른 색온도 선호
▪성능측정 및 시제품	▪10W급/전광속: 500lm이상/Ts:50℃/CRI: 70이상 ▪전구 / 형광등 대치용 시스템 구현

2. 연구수행 내용 및 성과

가. 연구목표 및 연구내용(총괄)

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도 (당해년도)	▪HB 어레이 LED광원의 최적화 연구	▪LED조명 선진국 사례조사, 연구 ▪HB LED 어레이 모의시험, 비교분석 ▪유사 시판품 측정 및 분석, DB구축
	▪HB 어레이 LED광원의 주요성능 평가방안 연구	▪일반조명 광원 및 시스템 특성별 국내외 기술정보 분석활용 ▪광학적, 전기적, 구조적 특성관련 자료분석
	▪HB 어레이 LED광원의 광학적 성능 평가 방법 도출	▪광학적 시험방안 도출 ▪시험절차 매뉴얼 작성 및 확인시험실시 ▪LED광원의 DB화에 따른 표준화안 조사 연구
	▪기존 HB LED광원류의 전기적, 광학적 특성 분석	▪Luminous flux ▪Color Temperature ▪CIE chromaticity coordinate, Color rendering indices(Ra) etc
	▪유사 시판품 측정 및 분석	▪전압, 전류, 전력, EMI, 가속내구시험 신뢰성평가 등의 특성에 대한 DB 구축
	▪공간별 사용자의 행동 패턴에 관한 조명의 특성에 관한 임상시험	▪공간의 분류 및 Prototype 선정 ▪공간별 기준조도 조사 및 선정 ▪임상시험을 통한 공간별 색온도 계획
	▪사용자별 특성 연구 및 색온도 선호에 관한 임상시험	▪연령대별 시각 및 신체적 특성 ▪연령대별 행위와 환경의 관련성 ▪연령·성별에 따른 색온도 선호
	▪성능측정 및 시제품	▪10W급 / 전광속 : 500lm이상 / Ts:50℃ / CRI : 70이상 ▪전구 / 형광등 대치용 시스템 구현
2차년도	▪HB 어레이 LED광원의 최적화 연구	▪LED : LED 거리별, 색상별 배열 ▪자연광 구현을 위한 LED 색온도 조절 ▪프리즘 또는 엠보 형상 등에 따른 배열
	▪기존 HB LED광원류의 전기적, 광학적특성 분석 DB구축	▪Luminous flux ▪Color Temperature ▪CIE chromaticity coordinate ▪Color rendering indices(Ra) etc
	▪백색/RGB LED 색체 선호도 임상시험	▪색채 팔레트와 소자의 색상 ▪소자의 삭상과 조명시스템 색상
	▪컬러 변화속도와 패턴 선호도 임상시험	▪컬러 변화속도에 따른 선호도 ▪다양한 패턴에서의 선호도 ▪시간대별 자연광의 색온도 파악
	▪LED 광원 및 프리즘의 광학적 특성 연구	▪기존 광원 광학특성 고찰 및 적용사례 조사 ▪빛의 거동 고찰 및 배광특성 조사 ▪프리즘 기본원리 및 형태별 특성 고찰 ▪평면프리즘 분석
	▪성능측정 및 시제품	▪25W급 / 전광속 : 1,500lm이상 / Ts:40℃ / CRI : 75이상 ▪원격 Control 구동장치 구현

연 차	연구목표	주요 연구내용
3차년도	▪HB LED 조명시스템의 성능평가, 시험, 규격화 적용연구, DB구축	▪성능평가/시험/분석 ▪규격화 적용 연구
	▪조명기구화 된 조명시스템의 적합성 및 신뢰성 분석	
	▪HB LED 조명시스템의시작품 (Pilot장치)에 의한 성능시험을 지속적으로 실시	▪전기적, 광학적 성능 ▪구동장치의 전기적, 내환경 성능 ▪기구화된 전체 시스템의 구조, 전기적 특성 및 적합성 평가
	▪IES format file에 의한 LED 조명기구 평가 및 분석	▪거리별 각도별 LID ▪글레어 ▪Cone Lux, etc. 구획설정, 반사율 설정 등
	▪수명 분석 및 성능평가 기준안 도출	▪가속시험법에 의한 수명평가 ▪전기적, 광학적 성능 평가기준
	▪유전알고리즘(GA) 개발 및 최적화 알고리즘 설계	▪각종 연산자 이론 고찰 ▪연산자 선택 및 적용에 대한 연구 ▪알고리즘 설계 및 검증 ▪평면프리즘 배광모델링 알고리즘 적용
	▪프리즘 설계 소프트웨어 개발	▪연구용 소프트웨어로써 사용 ▪조명산업의 연구개발 선도 및 기술 이전
	▪성능측정 및 시제품	▪35W급 / 전광속 : 2,700lm이상 / Ts:30℃ / CRI : 80이상 ▪감성 / Dimming 조명 시스템화

나. 연구목표 및 연구성과

연 차	연구목표	주요연구성과
1차년도 (당해 연도*)	▪10W급 시스템 시작품 제작 - HB 어레이 LED광원의 최적화 연구 - 10W급 전원회로 설계	▪10W급 LED 램프 시작품 제작 - 광속 : 542 lm ▪10W급 구동회로 설계 및 제작 - 정전압 회로 설계
	▪유사 시판품 측정 및 분석, DB 구축 - 유사 LED램프의 전기적/광학적 DB 구축 - HB 어레이 LED광원의 광학적 성능평가 방법 도출	▪LED MR-16 및 Par 30 전기적, 광학적 DB 구축(3개사) ▪LED 조명기구 표준화 W/G 개최 - 성능평가 방법 도출 - 표준화 연구 실시
	▪감성조명시스템 설계 - 공간별 사용자의 행동 패턴에 관한 조명의 특성에 관한 임상시험 - 사용자별 특성 연구 및 색온도 선호에 관한 임상시험	▪형광등 및 백열등을 대체하기 위한 공간의 Prototype 선정 ▪KS 기준조도 및 IES 기준조도 조사 ▪사용자의 연령대에 따른 시각적 특성 변화 분석 ▪공간별 적합한 색온도 산출을 위한 설문조사(일부 현재 진행 중)

다. 당해연도 연구목표치 대비 실적치

연구목표	성과지표	목표치	실적치	성과물 명칭
10W / 500lm급 시스템	시제품 출시	500 lm	542 lm	10W급 시스템
유사 시판품 측정 및 분석, DB 구축	DB 구축	3개사 제품 이상	3개사 (대진DMP 외)	측정 성적서
사용자별 특성 연구 빛 색온도 선호에 관한 면접조사	학술회의 발표논문	1건	- 학술회의 발표논문 2건 (5월10일) - 학회지논문 1건 (투고중)	발표 논문

□ 유사 시판품 측정 및 분석, DB 구축

1. 유사 시판품 측정 결과

가. 측정시료 및 방법

- 측정시료는 일반판매시장에서 구할 수 있는 E26형 베이스를 갖는 LED램프(Red, Green, Blue, White, 총 4개)와 MR16형 베이스를 갖는 LED램프(단일LED형, 다수LED형)를 선정
- 선정된 측정시료를 다음 그림에 나타내었다. 또한 측정방법은 KS C 7501(1974), KS C 7523(1999), KS C 7702(1996), KS C IEC 60432-1(2002) 및 KS C IEC 60432-2(2002)에 규정한 측정방법을 인용
- 특히, 램프 연면거리는 "KS C 7702(1996) : 전구류의 베이스 및 소켓" 규격을 인용하여 각 부도에 나타난 치수를 참조로 하여 측정



(a) E26형 LED램프 (b) MR16형 LED램프

< 선정된 측정시료 >

나. 측정결과

○ 베이스 접착강도

- LED램프의 베이스 접착강도 특성은 베이스접착강도 시험기에 LED램프 측정시료를 장착한 후, 베이스와 등기구 사이를 서서히 비틀림 힘을 가하여 시험하되, 3 Nm의 비틀림 힘에 견디어야 함
- 이는 램프의 베이스와 소켓을 분리할 때 발생하는 기계적 내구성을 평가하기 위한 시험으로서, GX형 및 GY형 LED램프는 베이스의 구조적 특성에 기인하

여 이 시험을 적용하지 않음

- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습을 다음 그림에 나타냄



(a) 측정시료

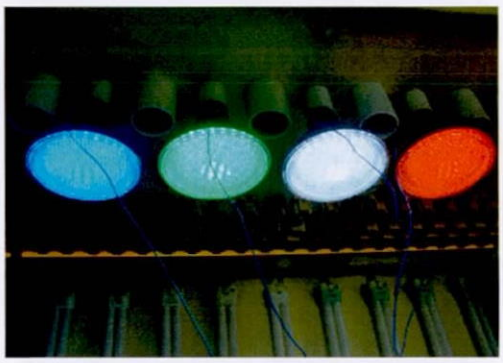


(b) 측정모습

< 베이스 접착강도 시험 >

○ 베이스 온도상승

- 베이스 온도상승 특성은 정격전압에서 램프를 1시간 동안 에이징 한 후, 측정시험대에 각 시료를 장착한 후, LED램프의 베이스 부분에 타점식 온도계를 이용하여 12시간동안 온도상승특성을 기록
- 이는 LED램프의 점등시 이상온도상승에 기인된 안전사고를 평가하기 위한 시험으로서, GX형 및 GY형 LED램프는 베이스의 구조적 특성에 기인하여 이 시험을 적용하지 않음
- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습과 측정결과를 다음 그림과 표에 각각 나타냄



(a) 시료 장착 후, 점등



(b) 타점식 온도측정장치

< 베이스 온도상승 시험 >

< 베이스 온도상승 특성 측정결과 >

구분	측정시간(h) 및 측정온도(℃)			
	0h	4h	8h	12h
BLUE	28.1 ℃	28.3 ℃	28.3 ℃	28.3 ℃
GREEN	34.0 ℃	34.4 ℃	34.7 ℃	34.4 ℃
WHITE	27.6 ℃	27.6 ℃	27.8 ℃	27.6 ℃
RED	26.8 ℃	26.8 ℃	27.2 ℃	27.2 ℃

○ 충전부에 대한 감전보호

- 충전부에 대한 감전보호 특성은 E26형 베이스와 GX형 및 GY형 베이스를 구분하여 측정



(a) E26형 베이스



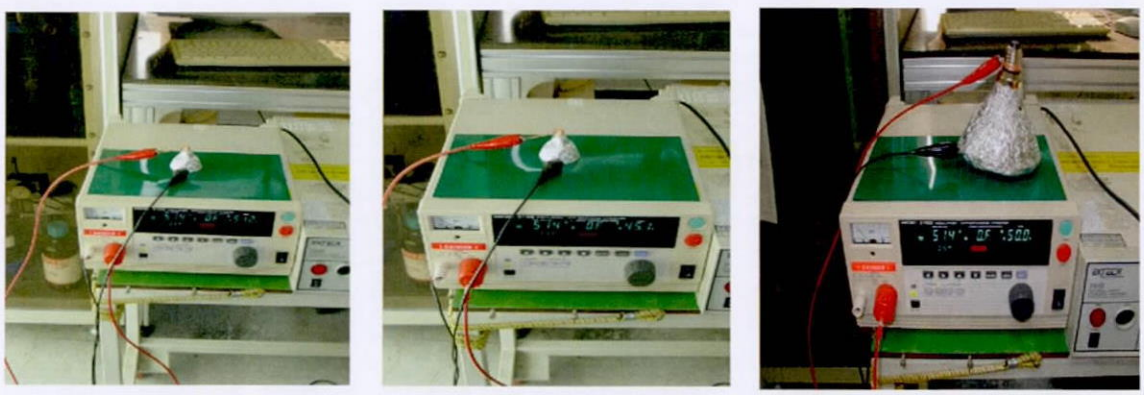
(b) GX형 베이스

< 충전부에 대한 감전보호 시험 >

- E26형 베이스의 경우, 에디슨 나사 베이스에 대해서 베이스 외피로의 모든 투영부가 베이스 표면으로부터 3mm 이상 투영되어서는 안 되며, GX형 및 GY형 베이스의 경우, 꽂음형 베이스에서 접촉면으로부터의 모든 투영부가 절연되도록 고안된 금속부의 1mm 이내에 들어와서는 안 된다. 이러한 측정모습을 그림에 나타냄

○ 절연저항

- 절연저항 특성은 500V 직류전압을 사용하여 충전부와 비충전 금속부 사이를 KS C 1302에 규정된 500V 절연저항계를 사용하여 측정하되, 측정값이 2MΩ 이상이어야 하며, 필요한 경우 램프를 정격전압에서 1시간 동안 에이징 한 후 측정
- 특히, LED램프 측정시료의 비충전 금속부는 알루미늄 호일을 사용하여 감싼 후 LED램프 충전부와 비충전 금속부(알루미늄 호일) 사이에 직류전압을 인가
- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정시료와 측정모습을 다음 그림에 각각 나타내었다.



(a) 시료1 측정모습 (b) 시료2 측정모습 (c) 시료3 측정모습

< 절연저항 특성시험 >

○ 내전압

- 내전압 특성은 절연저항 시험직후 충전부와 비충전 금속부 사이를 60Hz의 정현파에 가까운 전압 1 kV를 1분간 인가하여 시험하되, 시험중에 불꽃방전 및

연기발생 등이 없어야 한다. 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습을 다음 그림에 나타냄


(a) 시료1 측정모습


(b) 시료2 측정모습


(c) 시료3 측정모습

< 내전압 특성 시험 >

○ 램프 연면거리

- 램프 연면거리 특성은 베이스의 금속외피와 접촉부 사이의 최소 연면거리가 KS C 7702(1996)에 주어진 거리에 적합
- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습을 다음 그림에 나타냄



< 램프 연면거리 측정모습 >

○ 시동

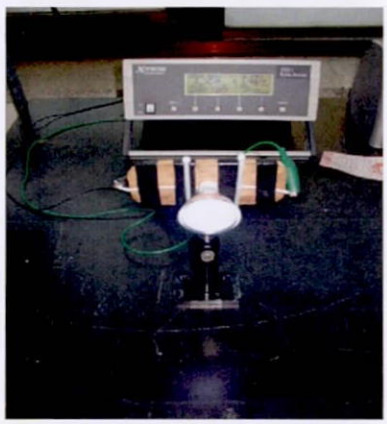
- LED 램프의 시동특성은 일반시동과 저온시동으로 구분하여 측정하였으며, 일반시동의 경우, 램프를 주위온도 20~27 ℃, 상대습도 65 % 이하에서 24시

간 미점등 상태로 방치한 후 동일조건의 무풍상태에서 점등시킨 후 측정하였으며, 저온시동의 경우, 램프를 -10±1 ℃에서 2시간 이상 미점등 상태로 방치한 후, 상대습도 65 %이하의 무풍상태에서 점등시킨 후 점등시간을 측정

- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습을 다음 그림에 각각 나타냄

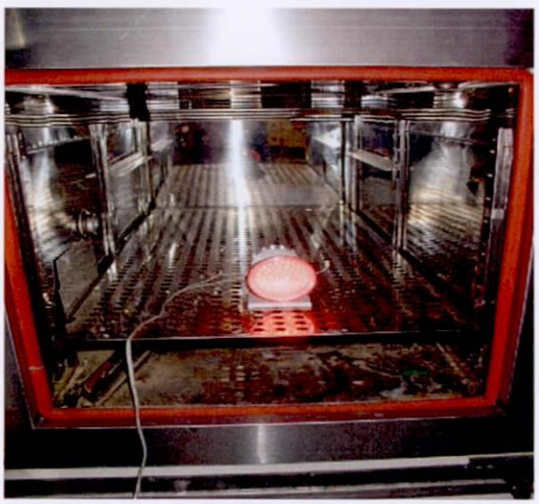


(a) E26형 LED램프

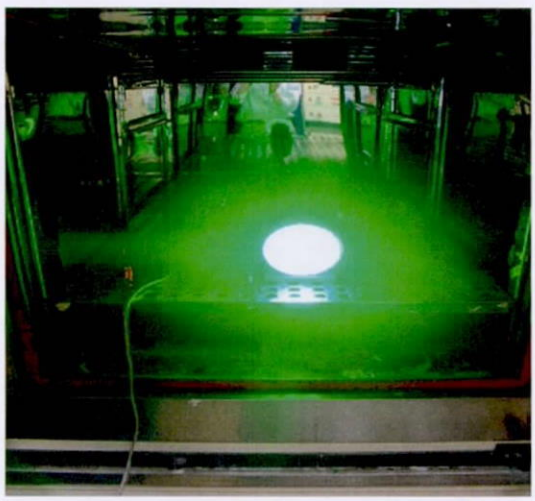


(b) MR16형 LED램프

< LED램프의 일반시동 특성시험 >

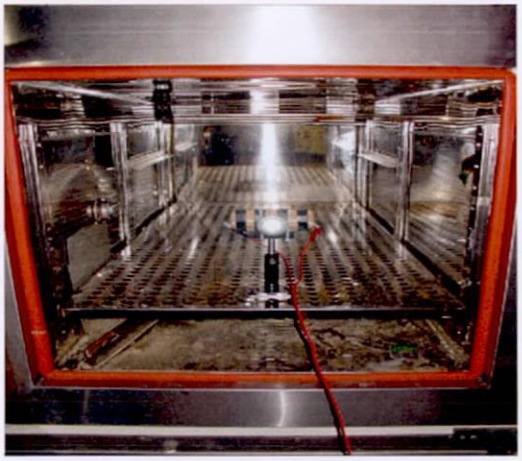


(a) 점등전

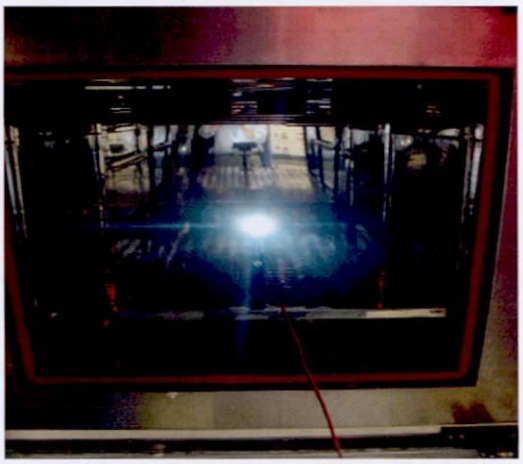


(b) 점등후

< E26형 LED램프의 저온시동 특성시험 >



(a) 점등전

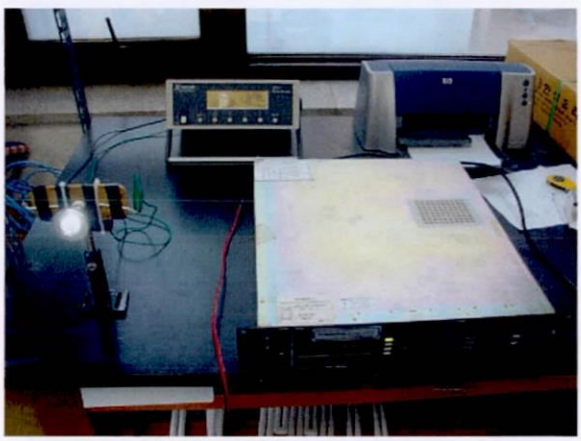


(b) 점등후

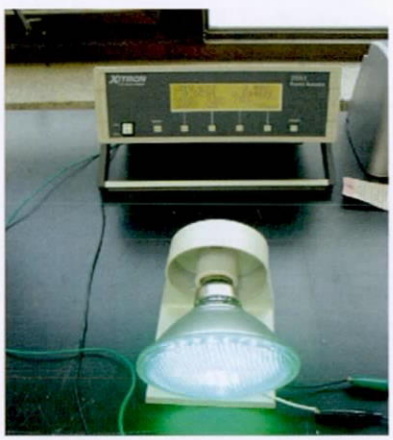
그림 3-11 MR16형 LED램프의 저온시동 특성시험

○ 입력전력 및 입력전류

- 입력전류 및 입력전류 특성은 주위온도 25±5 ℃에서 입력측에 정격주파수의 정격전압을 가하여 각각을 측정
- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습과 측정결과값을 아래 그림과 표에 각각 나타냄



(a) MR16형 LED램프



(b) E26형 LED램프

< 입력전력 및 입력전류 특성시험 >

< 입력전력 및 입력전류 특성 결과값 >

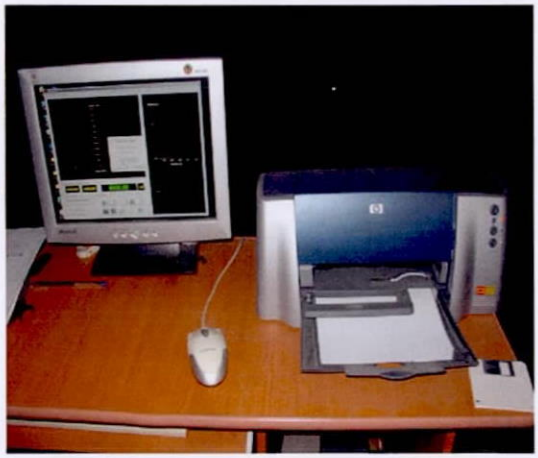
구 분		입력전압 (V)	입력전류 (A)	입력전력 (W)	역률
E26형	RED	219.97	0.026	2.6	0.46
	GREEN	220.01	0.025	3.57	0.64
	BLUE	220.02	0.022	3.19	0.65
	WHITE	220.00	0.024	3.28	0.62
MR16형	단일LED	12.01(DC)	0.142(DC)	1.7(DC)	0.995
	다수LED	220.01	0.022	0.81	0.17

○ 초특성

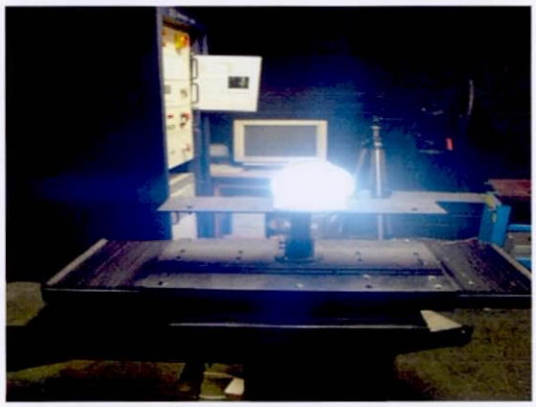
- LED램프의 초특성은 정격전압에서 1시간 에이징을 실시한 후, 정격전압에 있어서의 초기최대광도 및 소비전력을 측정
- 이때 초기최대광도값은 아래 표의 LED램프의 측정 빔각도내에서 최대로 측정되는 광도값을 선정하여 평가
- 이러한 측정장비과 측정모습을 아래 그림에 각각 나타냄

< LED램프의 최대광도 측정빔각도 >

구 분	수평각 범위	수직각 범위	측정각도 증가치
측정 빔각도	-16° ~ +16°	-16° ~ +16°	+2°

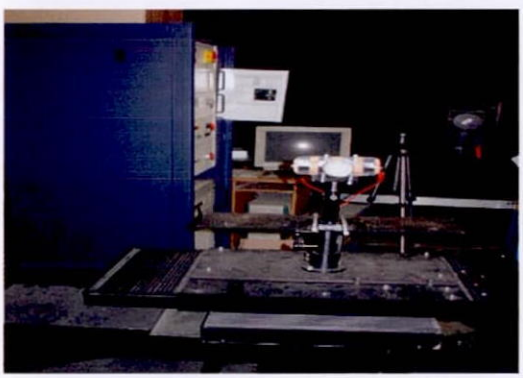
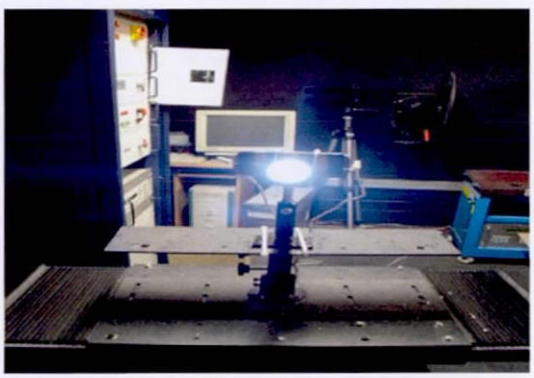



< 측정 프로그램 및 장비 >

(a) 점등전 (b) 점등후

< E26형 LED램프 광도 특성시험 >

(a) 점등전 (b)점등후

< MR16형 LED램프 광도 특성시험 >

(1) E26형 RED(적색) LED램프

○ 각도별 광도값

V ₩ H	-16.00°	-14.00°	-12.00°	-10.00°	-8.00°	-6.00°	-4.00°	-2.00°	0.00°	2.00°	4.00°	6.00°	8.00°	10.00°	12.00°	14.00°	16.00°
-16.00°	12	13	14	15	16	17	18	18	18	18	18	18	16	15	14	13	12
-14.00°	13	14	15	16	18	19	20	20	21	21	20	19	18	16	15	13	12
-12.00°	13	15	16	17	19	20	22	22	22	23	22	21	19	17	15	14	13
-10.00°	13	15	16	18	20	21	24	25	25	24	23	21	20	18	16	14	13
-8.00°	14	15	17	18	21	23	25	26	26	25	24	23	20	18	17	15	13
-6.00°	14	15	17	19	22	24	26	27	27	26	25	23	21	19	17	15	14
-4.00°	13	15	17	19	22	24	26	26	27	26	24	22	20	19	17	15	14
-2.00°	13	15	17	19	21	23	24	25	26	25	24	22	20	18	16	15	13
0.00°	13	15	16	18	20	22	23	24	24	23	22	21	19	17	16	14	13
2.00°	13	14	15	17	18	20	21	22	21	21	20	19	18	16	15	14	13
4.00°	12	13	14	16	17	18	19	19	19	19	18	18	17	16	14	13	12
6.00°	12	13	14	14	16	16	17	17	17	17	17	16	16	15	14	13	12
8.00°	11	12	13	13	14	15	15	15	16	16	15	15	14	14	13	12	11
10.00°	11	11	12	12	13	13	14	14	14	14	14	13	13	12	12	11	11
12.00°	10	11	11	12	12	12	12	12	13	13	12	12	12	12	11	11	11
14.00°	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	11	11	11	10	10
16.00°	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10

(2) E26형 GREEN(녹색) LED램프

○ 각도별 광도값

V ₩ H	-16.00°	-14.00°	-12.00°	-10.00°	-8.00°	-6.00°	-4.00°	-2.00°	0.00°	2.00°	4.00°	6.00°	8.00°	10.00°	12.00°	14.00°	16.00°
-16.00°	21	24	28	31	33	36	38	39	40	40	39	36	33	29	25	21	18
-14.00°	24	28	33	37	40	44	47	49	50	49	47	43	39	34	29	24	20
-12.00°	28	34	39	45	50	55	59	62	63	61	58	53	47	40	33	27	23
-10.00°	33	40	47	55	61	68	73	76	75	74	69	63	55	46	38	31	25
-8.00°	37	46	55	64	72	80	86	88	88	84	79	71	62	52	43	34	27
-6.00°	41	51	63	73	83	91	96	99	98	94	87	79	69	59	48	38	30
-4.00°	43	55	68	81	91	100	105	106	105	101	94	86	76	65	53	42	33
-2.00°	44	56	69	84	96	104	110	111	109	105	96	88	77	66	55	45	35
0.00°	43	55	69	83	97	106	111	112	110	105	97	87	78	67	57	46	36
2.00°	42	55	68	83	96	105	110	111	109	104	96	86	77	66	56	47	37
4.00°	40	52	64	77	90	98	103	105	104	99	91	82	74	64	55	45	36
6.00°	37	48	59	71	81	90	94	97	96	90	83	76	68	60	50	41	33
8.00°	33	42	53	63	73	80	85	86	86	82	76	69	62	54	45	37	30
10.00°	29	36	45	54	64	70	73	74	75	73	68	62	55	48	40	33	26
12.00°	25	30	37	45	52	58	61	63	63	61	58	53	47	40	34	28	22
14.00°	21	25	30	37	43	47	51	53	53	51	48	44	38	33	29	24	20
16.00°	18	21	25	29	34	38	41	42	42	40	38	35	30	26	23	20	18

(3) E26형 BLUE(청색) LED램프

○ 각도별 광도값

V ₩ H	-16.00°	-14.00°	-12.00°	-10.00°	-8.00°	-6.00°	-4.00°	-2.00°	0.00°	2.00°	4.00°	6.00°	8.00°	10.00°	12.00°	14.00°	16.00°
-16.00°	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	13	13	13	12
-14.00°	10	10	11	11	12	12	13	14	15	15	15	15	15	15	14	14	13
-12.00°	10	10	11	12	12	13	14	15	16	17	17	17	17	16	16	15	14
-10.00°	10	11	11	12	13	14	16	17	18	19	19	19	19	19	18	17	15
-8.00°	11	11	12	13	14	15	17	18	20	21	22	22	22	21	20	18	17
-6.00°	11	11	12	13	15	16	18	20	22	23	25	25	24	23	22	20	18
-4.00°	11	11	12	14	15	17	20	22	24	25	26	27	26	25	23	22	19
-2.00°	11	12	13	14	16	18	21	23	25	27	28	28	27	26	25	23	20
0.00°	11	12	13	15	16	19	21	24	26	27	28	28	28	27	25	23	21
2.00°	11	12	13	14	16	18	21	23	25	26	27	28	27	27	25	23	21
4.00°	11	12	13	14	16	18	21	23	25	25	27	27	27	26	24	22	20
6.00°	11	12	13	14	15	17	19	21	23	24	25	25	25	24	23	21	19
8.00°	11	11	12	13	15	16	18	20	21	23	23	23	23	22	21	20	18
10.00°	11	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	21	21	20	19	18	16
12.00°	10	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19	19	18	17	16	15
14.00°	10	11	11	12	12	13	14	15	16	16	17	17	17	16	16	15	14
16.00°	10	10	11	11	12	12	13	13	14	15	15	15	15	15	14	14	13

(4) E26형 WHITE(백색) LED램프

○ 각도별 광도값

V₩H	-16.00°	-14.00°	-12.00°	-10.00°	-8.00°	-6.00°	-4.00°	-2.00°	0.00°	2.00°	4.00°	6.00°	8.00°	10.00°	12.00°	14.00°	16.00°
-16.00°	19	0	24	27	32	36	39	42	44	45	45	44	41	38	34	29	25
-14.00°	20	23	27	32	37	42	47	50	53	54	54	52	49	45	40	35	29
-12.00°	22	26	31	37	43	49	54	58	61	62	61	59	56	52	46	40	34
-10.00°	24	29	34	41	49	55	61	66	69	70	69	66	63	58	52	45	38
-8.00°	26	31	38	46	54	62	68	73	76	77	76	73	69	64	57	50	42
-6.00°	27	33	41	50	59	67	74	79	82	83	82	79	74	68	61	53	45
-4.00°	28	35	44	53	62	71	78	84	87	87	86	83	77	71	63	55	47
-2.00°	30	37	46	55	65	74	82	87	90	91	89	86	80	73	66	57	49
0.00°	29	36	45	54	63	73	81	86	89	90	88	84	79	71	63	55	47
2.00°	28	35	43	53	62	71	78	84	87	87	85	81	76	69	61	53	45
4.00°	26	33	41	49	58	66	74	79	81	82	80	76	71	65	57	50	43
6.00°	25	30	38	45	53	60	67	71	74	74	73	69	65	59	53	46	39
8.00°	23	27	33	40	47	53	59	63	65	66	65	62	58	53	48	41	35
10.00°	21	24	29	35	40	45	50	54	57	57	56	54	51	47	41	36	31
12.00°	20	22	25	29	34	38	42	46	48	49	48	46	43	40	36	32	27
14.00°	18	20	22	25	29	32	35	38	40	40	40	39	36	33	30	27	24
16.00°	17	19	20	22	24	27	29	31	32	33	33	32	30	28	26	23	21

(5) MR16형 단일소자 LED램프

○ 각도별 광도값

V₩H	-16.00°	-14.00°	-12.00°	-10.00°	-8.00°	-6.00°	-4.00°	-2.00°	0.00°	2.00°	4.00°	6.00°	8.00°	10.00°	12.00°	14.00°	16.00°
-16.00°	13	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	14	14	13	13	13	13
-14.00°	14	14	15	15	16	17	18	18	18	17	16	15	14	14	14	13	13
-12.00°	14	15	15	17	19	22	24	24	23	21	18	16	15	14	14	13	13
-10.00°	15	16	18	21	27	34	39	40	37	31	24	19	16	15	14	13	13
-8.00°	16	17	21	28	39	53	66	68	60	46	33	24	18	16	14	14	13
-6.00°	15	18	24	36	57	94	131	143	115	75	46	30	21	17	15	14	13
-4.00°	16	19	28	46	85	164	276	316	233	125	63	36	23	18	15	14	13
-2.00°	16	19	30	52	111	248	434	483	366	172	76	39	25	18	15	14	13
0.00°	16	19	29	50	110	254	461	522	384	173	75	39	24	18	15	14	13
2.00°	15	18	25	42	81	168	305	352	239	122	57	34	22	17	15	14	13
4.00°	15	17	21	32	50	87	131	142	111	67	40	27	19	16	14	14	13
6.00°	14	16	18	23	33	44	55	57	49	38	28	21	17	15	14	13	13
8.00°	14	15	16	18	22	27	31	32	29	25	20	17	15	14	14	13	13
10.00°	13	14	14	15	17	18	19	20	19	18	16	15	14	14	13	13	13
12.00°	13	13	14	14	15	15	16	16	16	15	14	14	14	13	13	13	12
14.00°	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	12	12	12
16.00°	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	12	12

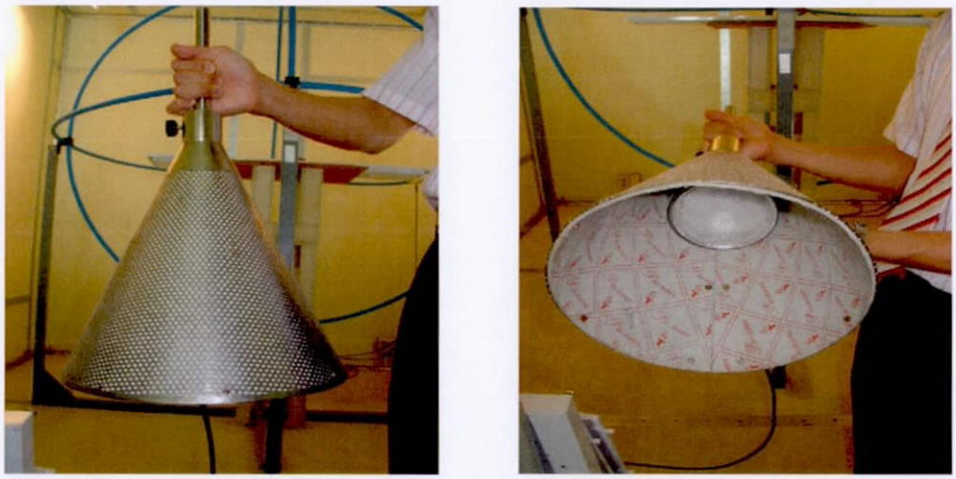
(5) MR16형 다수소자 LED램프

○ 각도별 광도값

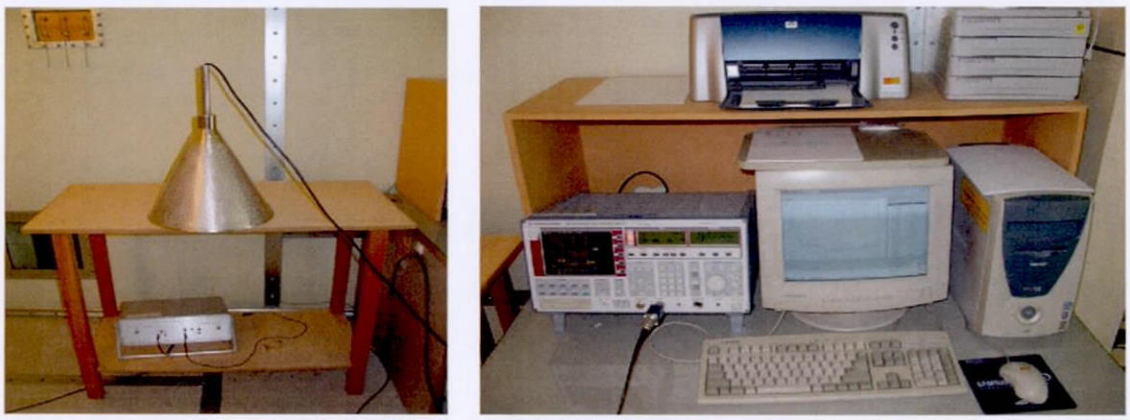
V₩H	-16.00°	-14.00°	-12.00°	-10.00°	-8.00°	-6.00°	-4.00°	-2.00°	0.00°	2.00°	4.00°	6.00°	8.00°	10.00°	12.00°	14.00°	16.00°
-16.00°	11	11	11	12	12	13	12	12	11	11	11	11	10	10	10	10	10
-14.00°	11	12	13	15	16	16	16	15	13	12	11	11	11	10	10	10	10
-12.00°	13	14	17	20	23	24	23	20	17	15	13	11	11	11	10	10	10
-10.00°	15	19	25	31	36	38	36	31	24	19	15	12	11	11	10	10	10
-8.00°	18	26	36	47	54	56	53	45	35	25	18	14	12	11	10	10	10
-6.00°	23	35	49	63	70	72	69	60	47	33	22	16	12	11	11	10	10
-4.00°	27	42	60	74	82	83	79	70	56	40	26	17	13	11	11	10	10
-2.00°	30	47	65	80	88	88	84	75	61	44	28	18	13	11	11	10	10
0.00°	30	46	64	79	87	89	86	75	60	43	28	18	13	11	11	11	10
2.00°	28	42	58	72	81	84	80	70	55	38	25	17	13	11	11	10	10
4.00°	24	35	47	60	68	71	67	58	44	31	21	15	12	11	11	10	10
6.00°	20	27	36	45	51	53	50	43	33	24	18	14	12	11	10	10	10
8.00°	16	20	26	31	35	36	34	30	24	19	15	12	11	11	10	10	10
10.00°	13	16	18	21	24	24	23	20	18	15	13	11	11	11	10	10	10
12.00°	12	13	14	16	16	17	16	15	14	12	12	11	11	10	10	10	10
14.00°	11	12	12	13	13	13	13	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10
16.00°	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10

○ 전자파 장해

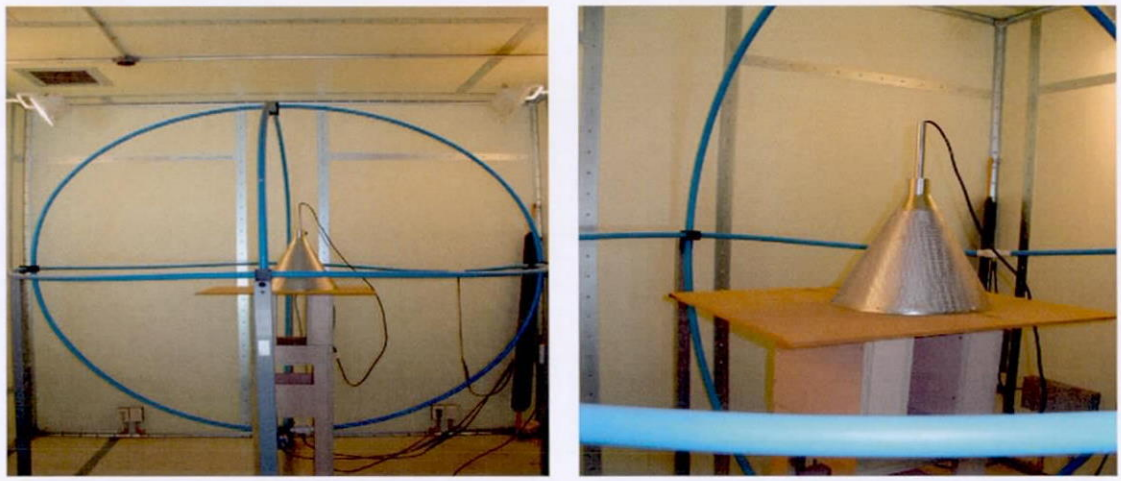
- LED램프의 전자파 장해는 KS C 0262의 제6장에 따라 시험하되, 잡음단자전압과 자기장유도전류를 측정
- 이는 LED소자의 구동전압이 직류이나 실제 입력전압은 교류 220V를 인가하므로 실제 구동에 필요한 직류전력으로의 변환이 이루어지는 과정에서 발생하는 전자파를 측정하기 위한 평가
- 정격입력전압이 직류인 제품은 이 시험을 적용하지 않음
- 측정결과 기준에 적합한 것으로 평가되었으며, 이러한 측정모습을 다음 그림에 나타냄



< 잡음단자전압 측정용 혼(horn) >



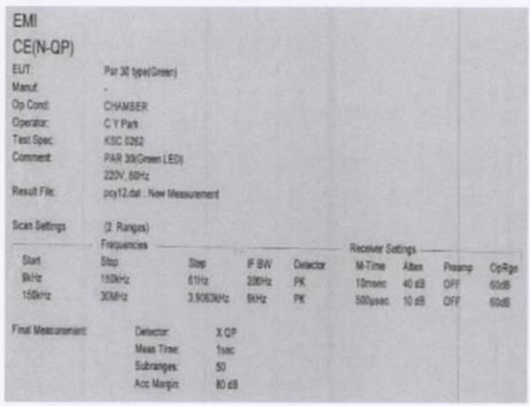
< 잡음단자전압 측정장비 >

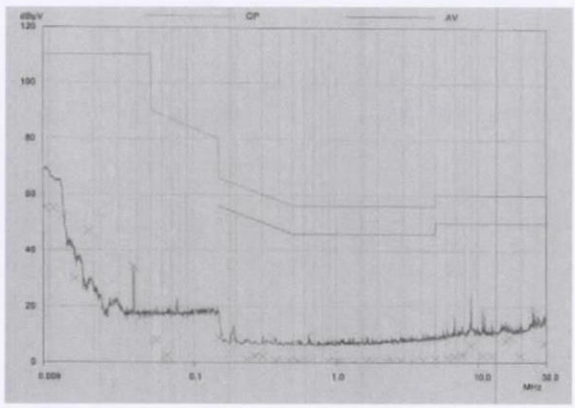


< 자기장 유도전류 측정장비 >

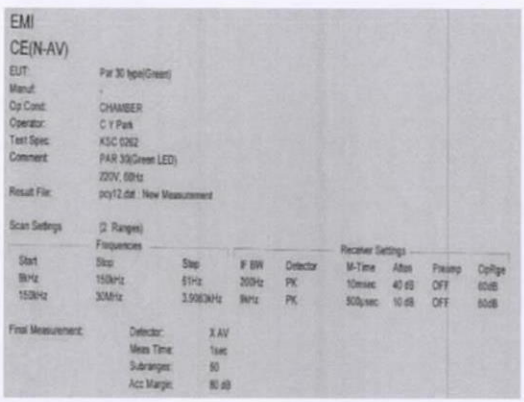
(1) E26형 GREEN(녹색) LED램프의 잡음단자전압 측정값

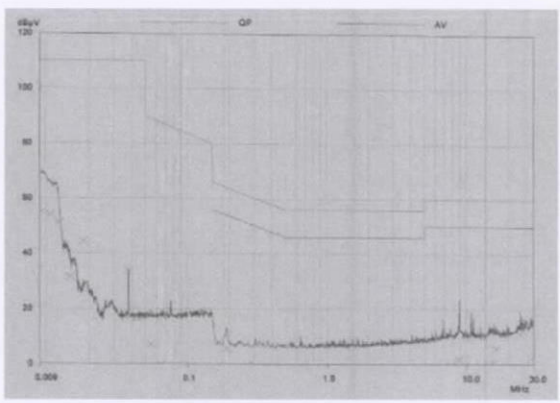
가) L-N(Line to Neutral) 실효값



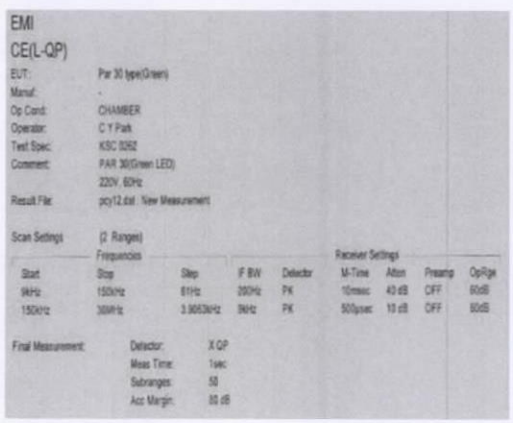


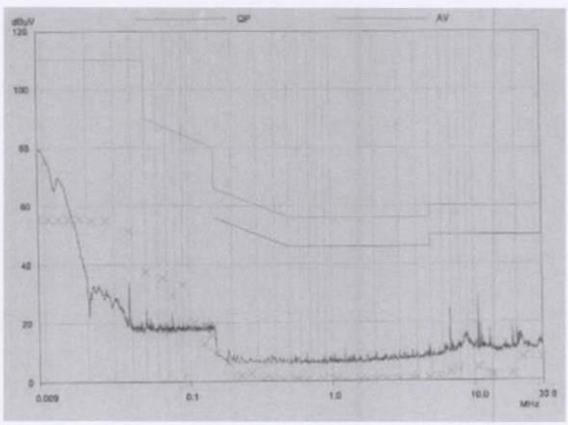
나) L-N(Line to Neutral) 평균값





다) L-L(Line to Line) 실효값





□ 감성조명 시스템 연구

1. 공간별 사용자의 행동 패턴에 관한 조명의 특성에 관한 임상시험

○ 공간의 분류 및 Prototype 선정 / 공간별 조도기준 조사 및 선정

- 형광등을 대체할 차세대 LED 조명의 개발을 위해 현재 형광등 및 백열등이 주로 사용되는 공간에 대한 특징 및 고려사항들을 조사
- 각 공간에 따라 요구되어지는 조도 및 색온도 등의 조명환경을 파악하고 가장 적합한 조명환경을 제시함을 목적으로 한다. 각 공간에 대한 조도기준은 KS 조도기준(KS A 3011)과 IES 조도기준(IESNA)을 조사
- 공간의 선정은 형광등과 백열등이 가장 많이 사용되는 공간으로 선정하였고, 크게 사무시설과 주거시설로 제한
- 형광등이 주로 사용되는 공간은 사무시설의 사무실과 주거시설의 거실, 침실을 선정하고, 백열등이 주로 사용되는 공간은 주거시설의 주방과 욕실을 선정

< 공간별 특징 및 조도기준 >

공간		광원	특징 및 고려사항	조도기준	
				KS 조도기준	IES 조도기준
사무시설	사무실	형광등	- 20~40대의 연령층이 대체로 사용 - 업무를 위한 공간으로 작업능률 향상을 위한 조명계획 필요	150-200-300 (판독)	200-300-500 (Reading)
주거시설	거실	형광등	- 모든 연령층이 사용 - 다양한 목적으로 사용되는 공간	150-200-300 (거실)	50-75-100 (Residences/ Conversation, relaxation)
	침실	형광등	- 모든 연령층이 사용 - 주로 휴식(저조도)과 화장(고조도)의 행위가 발생하는 공간	15-20-30 (침실/전반) 300-400-600 (침실/화장)	50-75-100 (Residences/ General Lighting) 200-300-500 (Residences /Makeup)
	주방	백열등	- 모든 연령층이 사용 - 특정 시간에만 사용되는 공간 - 청결이 중요하므로 높은 연색성이 요구되는 공간	300-400-600 (주방/식탁)	100-150-200 (Residences /Dining)
	욕실	백열등	- 모든 연령층이 사용 - 자주 사용되며 단시간동안만 사용되는 공간 - 청결이 중요하므로 높은 연색성이 요구되는 공간	60-100-150 (욕실, 화장실)	100-150-200 (Toilet & Washrooms)

2. 사용자별 특성 연구 및 색온도 선호에 관한 임상시험

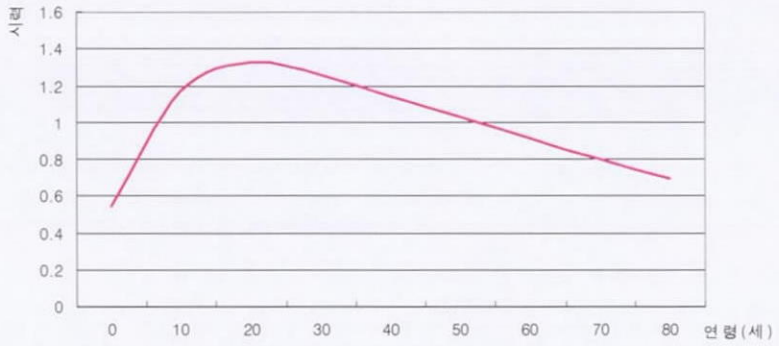
○ 연령대별 시각 및 신체적 특성 / 연령대별 행위와 환경의 관련성

- 조명 계획 시 반드시 고려해야 할 사항은 공간뿐만 아니라 사용자에 대한 고려
- 따라서, 사용자의 신체적·심리적 특성을 고려하여 신체적·정신적 건강에 유익한 조명환경의 제시를 목적으로 함
- 인간은 오감을 통하여 주위 환경으로부터 정보를 취득, 특히 오감 중 전체 정보의 87% 정도를 받아들이는 감각인 시각은 일상생활 영위에 매우 중요한 역할

< 오감에 따른 정보섭취능률 >

감각의 종류	시각(눈)	청각(귀)	후각(코)	촉각(피부)	미각(혀)	계
정보섭취능률	87.0%	7.0%	3.5%	1.5%	1.0%	100%

- 인간의 시각은 그림 5와 같이 20세까지 시력이 최고의 상태이고, 21세부터 35세까지는 시력이 서서히 저하
- 그리고, 36세부터 50세 정도에 노안이 시작되므로 51세부터는 노안경이 필수적으로 요구되며 66세 이상이 되면 시야가 좁아지고 옆 사람에 대한 느낌이 둔해질 정도로 노화가 진행
- 또한, 원근감에 대한 감각이 둔해지고, 20대의 평균 시력이 1.0이라면 65세에는 0.4정도로 떨어져 작은 글자의 판단이 어렵고 정교한 작업이 곤란함
- 개인의 차이는 있으나 40세 전 후부터 어두운 곳에서는 작은 숫자의 3과 8이 구분되지 않거나 바늘구멍에 실을 꿰는 것이 힘들어져 당황하는 일도 생기며, 50세 후반이 되면 바닥에 있는 물건을 생각지도 않고 밟거나 바닥 무늬를 물건으로 오인하여 피해 걷는 일도 있음



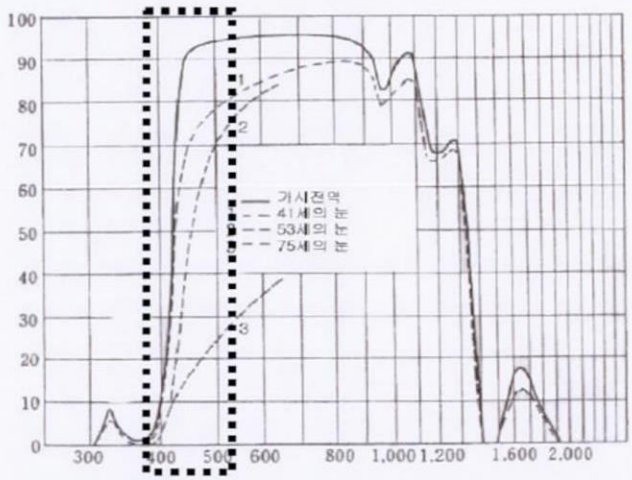
< 연령변화에 따른 시력의 변화 >

- 고령자의 경우 동일한 작업을 수행하는 데에도 일반 성인들의 2~3배에 해당하는 높은 조도를 요함
- 그러나, 조명계획에 있어서 일률적으로 조도를 높여주기보다는 주거의 공간별 특성과 행해지는 작업을 충분히 고려하여 적정 조도를 제공하는 것이 중요
- 다음의 표는 특정 밝기에서 3m 거리에서 읽을 수 있는 글자의 크기가 어느 정도 되어야 하는지를 실험한 일본 인간생활공학 연구센터의 측정 결과임
- 괄호 안의 수치는 1,000 lx의 밝기에서 25세~34세의 젊은 성인들이 읽을 수 있는 글씨크기를 1로 했을 경우의 배율이며, 피험자의 수는 420명임

< 조도변화에 의해 3m거리에서 읽을 수 있는 문자의 크기 >

밝기	25~34세 성인	75세 이상 고령자
1,000 lx	若年者 (1.0)	高齢者 (2.1)
100 lx	若年者 (1.4)	高齢者 (2.7)
10 lx	若年者 (1.8)	高齢者 (4.3)

- 고령자는 글레어에 대해서는 70세는 20세의 2배, 80세는 3배로 더욱 민감해지고, 명암에 대한 순응력이 떨어지며 색 감각, 특히 한색계에 대한 판단력이 둔화됨
- 또한, 수정체의 단백질이 세월의 지남에 따라 서서히 아미노산으로 분해되어 황색소로 변하는 백내장이 발생
- 백내장의 발생 시에는 인식가능한 색의 수가 현저히 감소되고, 시계가 마치 노란색필터를 통하여 보여지는듯한 시계황변화가 발생, 다음의 그림은 연령대에 따른 수정체의 투과율을 그래프로 나타냄



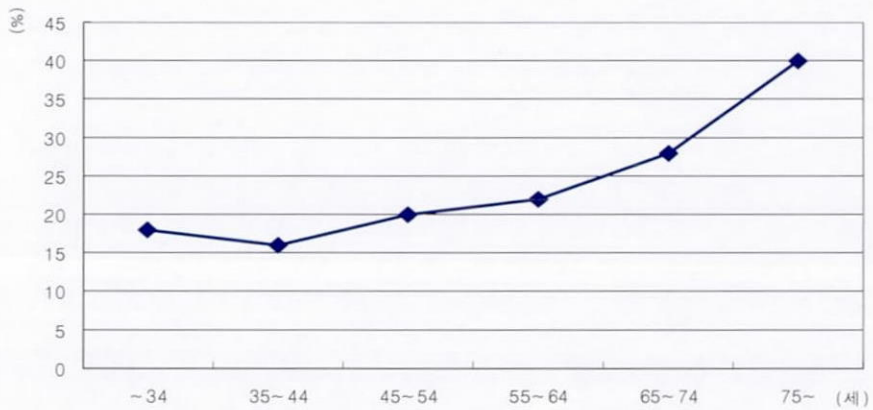
< 수정체의 파장별 투과율 곡선(Edward, A.) >

- 청색계열의 시인도가 저하되어 파란색 문자의 지각에 어려움을 가지며 아래의 표 7은 일본에서 선행된 한 연구의 결과를 보여주는 것으로, 특정 바탕색과 중심색 조합에서의 고령자 시인성 정도를 나타냄

< 바탕색과 중심색의 조합에 따른 고령자의 시인성 >

바탕색	중심색	시인성
white	yellow	지각되지 않는다.
blue	white	알 수 있다.
black	purple	희미해지고 식별이 곤란하다.
white	purple	변색되어 잘 모르겠다.
black	blue	전혀 보이지 않는다.
yellow	black	바탕색을 잘 모르겠다.

- 고령자는 암순응과 명순응 능력에 있어서도 젊은 사람들에 비해 현저히 저하되며, 다음 그림은 3m 거리에서 10,000cd/㎡의 스크린을 1분간 본 후 조도 10lx에 흰색 배경으로 쓰여진 10단계의 히라가나를 제시하고, 10초안에 읽어낼 수 있는 문자의 진한 정도를 측정한 데이터임
- 다른 고령자의 시각특성 중 하나는 상방향의 시야가 젊은 사람들에 비해 많이 좁아진다는 점이며, 이러한 특징을 감안하여 안전 혹은 안내표지 등의 중요한 시각적 정보를 제공할 때에도 고령자의 유효시야를 벗어나지 않도록 주의
- 고령자는 공간의 깊이감이나 입체감을 지각하는 데에 있어서도 어려움을 느끼므로 강약을 가지는 조명연출이나 색을 이용한 조명의 사용으로 이를 보완



< 명순응 후에 읽어낼 수 있는 문자의 농도 >

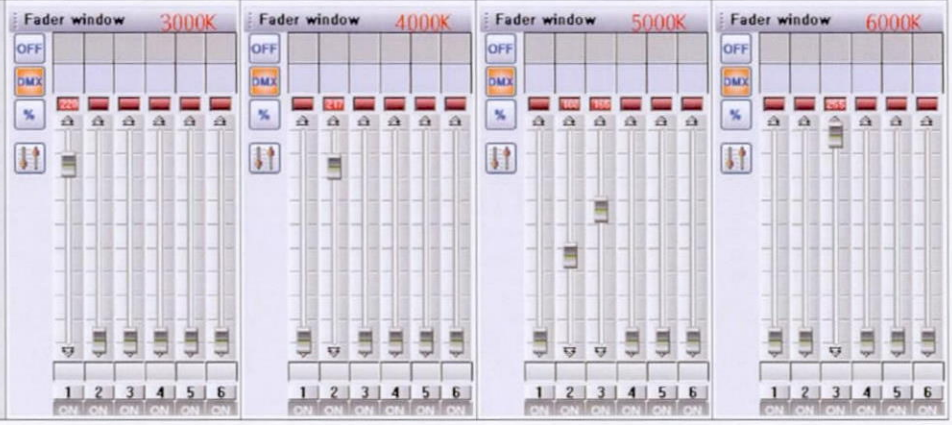
3. 연령·성별에 따른 색온도 선호 / 임상시험을 통한 공간별 색온도 계획

- 색온도는 사용자의 감성적 부분에 큰 영향을 미치는 조명요소로서, 조명기구의 색온도 선정 시 공간 또는 사용자의 특성 및 행위에 따라 적합하도록 구분
- 공간 또는 사용자에 따라 선호되어지는 색온도를 조사하여 적합한 색온도 제시를 목적으로 함.
- 색온도에 대한 임상시험을 위하여 다음의 표 12와 같은 조건으로 설문조사를 실시하였고 실험에 사용된 조명기구는 온백색(3000K), 냉백색(4000K), 주광색(6000K)의 세 가지 타입의 색온도 형광등을 조합한 것으로, 랩탑 컴퓨터의 소프트웨어를 이용하여 각 광원에 따라 0부터 255까지 256단계로 밝기의 조절이 가능한 조명 시스템임

< 설문조사의 개요 >

<table>
<tr><td>기 간</td><td colspan="3">2007년 4월 20일</td></tr>
<tr><td>시험장소</td><td colspan="3">S대학교 연구실 - 사무실</td></tr>
<tr><td>연구대상</td><td colspan="3">S대학교 건축공학과 대학원 연구원(남10,여2)</td></tr>
<tr><td>조사방법</td><td colspan="3">비확률표본 추출법 중 할당표본추출에 의한 표준화 면접조사</td></tr>
<tr><td rowspan="3">시험기구</td><td colspan="3">색온도 조절 조명기구(3000K ~ 6000K) - T5 28W(X 3EA)</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
<조명기구></td><td> 
<컨트롤러></td><td> 
<랩탑 컴퓨터></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">측정장비</td><td>  </td><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td>Minolta T-10</td><td>Minolta CL-200</td><td>Canon EOS 400D</td></tr>
</table>

< 임상시험을 위한 색온도 환경 설정 >

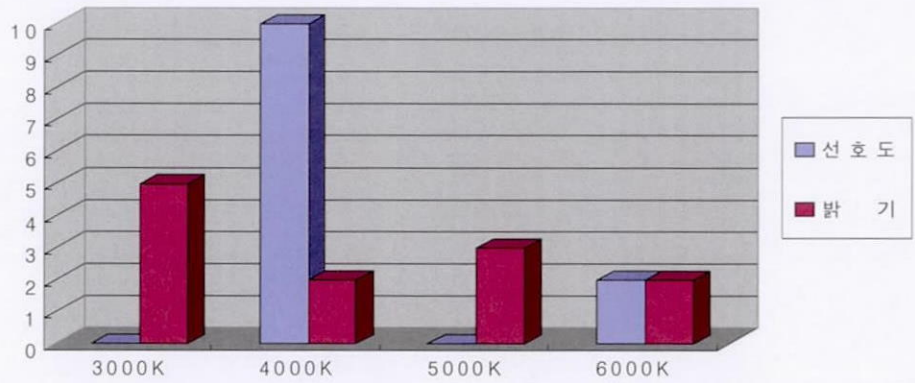
구 분	SCENE 1	SCENE 2	SCENE 3	SCENE 4
목표 색온도	3000K	4000K	5000K	6000K
측정 색온도	3144K	4063K	5013K	5830K
작업면 조도	183.5 lx	183.0 lx	182.8 lx	183.3 lx
시스템 설정				

- 임상시험을 위한 색온도는 다음의 표 13과 같이 3000K(온백색), 4000K(냉백색), 5000K(주백색), 6000K(주광색)의 4단계로 설정



< 색온도 변화에 따른 실험실 이미지 >

- 위의 그림 9는 실험실(S대학교 연구실)에 조명 시스템을 설치하여 각 색온도에 따른 Scene 연출을 디지털 카메라(Canon EOS 400D)로 촬영(1, F8, ISO100)
- 다음의 그림은 색온도의 선호도 및 동일한 밝기에서의 색온도별 밝기에 대한 설문조사의 결과이다.



< 색온도별 선호도 및 밝기에 대한 설문 >

- 색온도의 선호도의 경우 4000K인 냉백색의 조명환경을 대부분이 선호
- 밝기에 대한 의견은 다양하였으나 3000K의 온백색 조명환경에서 가장 밝게 느꼈다고 다수 선택
- 색온도는 인간의 심리 및 생리에 중요한 영향을 미치므로, 주거시설의 경우 거실, 침실, 주방, 욕실 등 실의 특성에 따라 거주자의 행태가 달라지기 때문에 색온도에 대한 고려가 반드시 필요
- 거실 : 다양한 활동의 장소로 사용자의 목적에 따라 적합한 색온도의 변화가 필요
- 침실 : 하루 일과 중 가장 중요한 취침을 위한 공간이기 때문에 거주자의 생체리듬에 따른 색온도의 변화가 반드시 필요
- 주방 : 요리의 종류, 색상 및 시간에 따라 다양한 색온도 조절이 요구
- 욕실 : 개인적인 사용공간이며 많은 행위가 이뤄지는 공간으로 다양한 사용자가 이용할 경우 각 사용자에게 적합한 색온도 조절이 요구

=> 기존 연구에서는 색온도에 따라 업무 능률이나 시각적·정신적 피로도 및 집중력 등을 조사하여 연구하는데 그쳤으나, 본 연구에서는 공간 및 사용목적에 적합한 색온도를 임상시험을 통해 선정하고 제시하여 SCENE 조절을 통해 적합한 색온도가 자동 설정될 수 있는 시스템 제작을 목적

=> 향후 2개월간 선정한 각 공간(사무시설의 사무실 및 주거시설의 거실, 침실, 주방, 욕실)에 대한 임상시험을 추가로 실시할 것이며, 특히 주거시설의 공간들의 경우 사용자의 연령층이 다양하기 때문에 사용자의 연령별 및 성별에 따른 임상시험이 추가로 시행될 예정

3. 당해연도 연구목표의 달성도

가. 연구개발 수행 진도율

구분 / 연구내용	추진일정 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	진도(%)
고효율 조명을 위한 광학계 설계													100
효율적 발열 설계를 적용한 기구 설계 및 개발													80
LED광원 구동시스템 개발													80
생리학적/심리학적 HB LED 조명시스템 설계													100
조명용 LED광원 시스템 시제품 특성평가													80
총 진도율													

..... 당초계획
——— 실 적

나. 연구개발 목표의 달성도

연구 목표	달성도(%)	내 용
10W / 500lm급 시스템	100%	10W급 시작품 제작 주요 사양 : 580 lm 달성
유사 시판품 측정 및 분석, DB 구축	100 %	3개사 제품에 대한 전기적, 광학적 측정 DB 구축 완료
사용자별 특성 연구 빛 색온도 선호에 관한 면접조사	100%	학회논문집 1건(투고중) 학술회의 발표논문 2건(5.10 발표)

4. 연구개발 추진전략 및 방법

가. 연구개발 추진전략

담당기관		개발대상 기술명
총괄 :연구개발 전담부서	주관기관 : 중부전기전자(주)	- 고효율 광학계 및 기구 설계 Simulation 기술 - 핵심 방열 소재 선택 및 구조 Modeling
	주관기관 : 중부전기전자(주)	- Intelligent Feed-back 구동시스템 구현 - DMX기반의 Network LED 조명시스템 개발
	위탁기관 : 세종대학교	- 감성조명용 LED제어방안 및 3차원 프리즘 모델링개발
	위탁기관 : 한국조명기술(연)	- LED 조명 시스템의 신뢰성 평가 및 표준 규격 개발
최종목표		고효율 친환경 백색 LED조명 시스템 기술 개발

나. 연구개발 추진방법

구 분	주관연구기관	협동(위탁)연구기관	참여기업
1차년도 (2006-2007)	-계획 수립 및 자료조사 -세부 연차 목표 수립 -기구 및 Assembly 설계 -설계 검증 및 시작품 제작(1차)	-생리 / 심리학적 광학(세종대학교) -시스템평가방법개발 (한국조명기술연구소) -1차 시제품 평가 (한국조명기술연구소)	
2차년도 (2007-2008)	-최적 발열시스템 제작 -Network 기반구조 설계 -기구 및 Assembly 설계 -설계 검증 및 시작품 제작(2차)	-생리 / 심리학적 광학(세종대학교) -신뢰성 및 표준규격 (한국조명기술연구소) -2차 시제품평가 (한국조명기술연구소)	
3차년도 (2008-2009)	-시스템 통합설계 -양산화 기술수립 -공정제어 확보 -기구 및 Assembly 설계 -설계 검증 및 시작품 제작(3차)	-생리 / 심리학적 광학(세종대학교) -표준화 및 인증화 추진 (한국조명기술연구소) -3차 시제품평가 (한국조명기술연구소)	

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야에의 기여도

□ 학술대회 논문 발표(2건)

- 학술대회명 : 한국조명전기설비학회 춘계학술대회(07. 5. 10)
- 발표논문명 : 1. R/G/A/W LED의 색도좌표와 주파장의 비교 고찰
  2. 조명용 LED광원의 광학적 특성 평가 및 성능분석

□ LED 표준화 워킹그룹 워크샵 개최(1건)

- 행사명 : LED 표준화 워킹그룹 워크샵
- 워킹그룹 위원(외부 전문가 3명, 참여연구원 5명)
  백수현(한국산업기술시험원, 연구위원), 조용익(한국광기술원, 책임연구원),
  권오화(글로벌텍스텍, 부사장)
- 개최결과
  1. 표준화 범위 선정 -> "E26 베이스타입의 LED 조명기구"
  2. LED 조명기구의 성능평가 항목 선정(안전/성능항목 총 11개 항목)
  3. 선정 항목별 평가방법 협의

Ⅰ. 당해연도 연구개발 주요내용

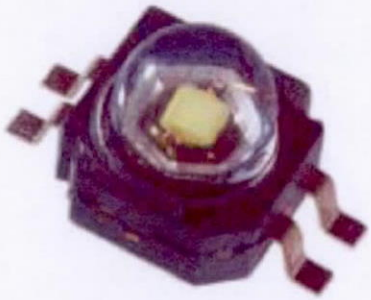
□ 10W급 시작품 시스템 개발)

가. 10W급 LED 시스템 설계 제작



< 10W급 시작품 사진 >

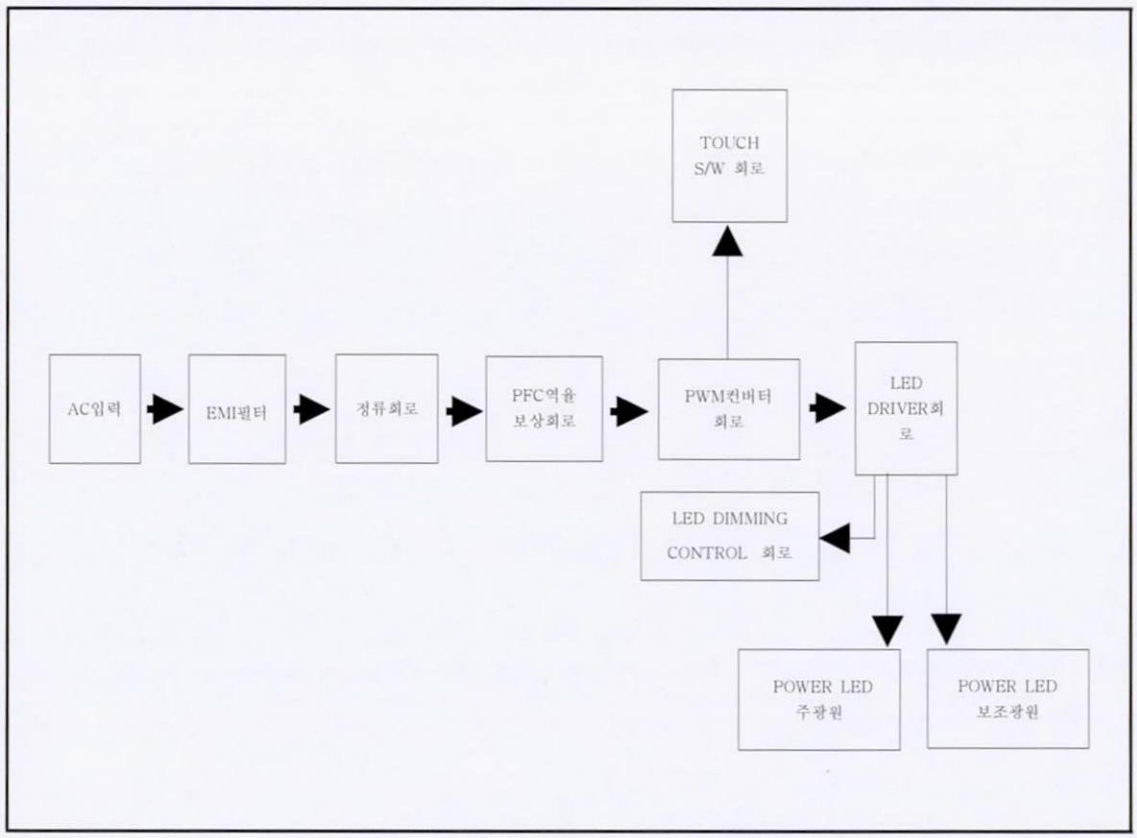
○ 광학부 HB LED 특성



제조사	Lumileds(미국)
Operating Junction Temperature	185 ℃
최대구동전류	1500mA
최대 광속	140 lm(6,500K)
수명	50,000(광속 저하 70%까지)

나. 전원 공급부 및 LED Driver(스위치 포함) 구동회로부

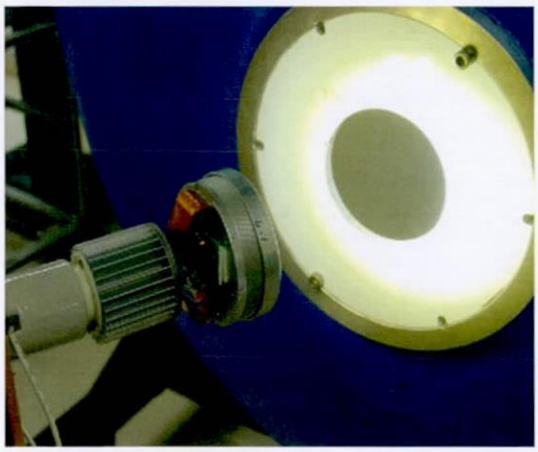
○ 전원공급장치 회로도(Block Diagram)



다. 성능평가 결과

○ 광속 성능평가 결과값

- 조명제품의 일반적 성능을 평가하는 척도인 광속시험은 초특성시험은 상온에서 100hr 동안 점등 후, 광속구에 의한 시험을 진행
- 표준램프로는 100W 백열전구를 사용하였으며, 측정사진과 결과값을 다음 그림과 표에 나타냄

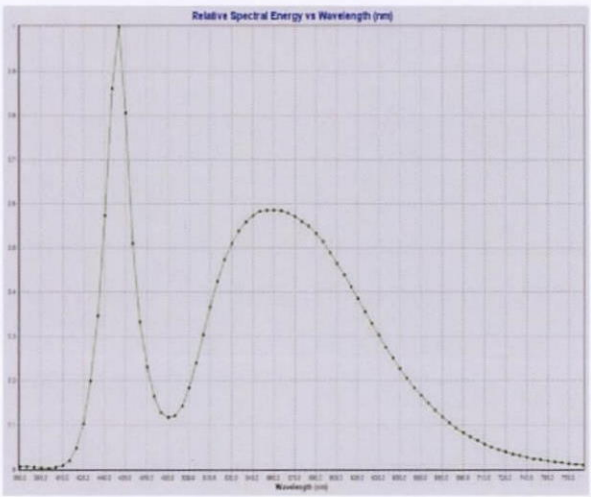




< 광속 측정 및 측정시료 사진 >

측정항목	측정 결과값
입력전압	220V
입력전류	960mA
입력전력	8.7W
광속	542 lm

(a) 광속측정결과

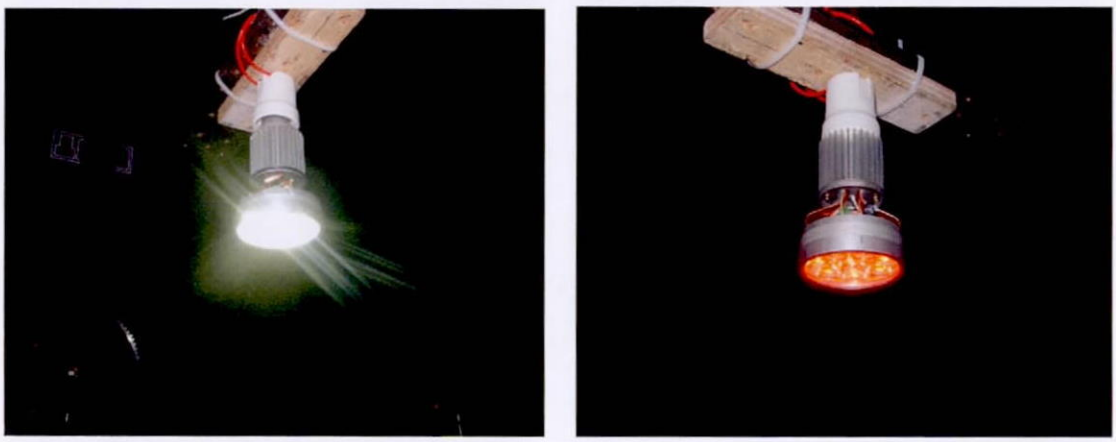


(b) 스펙트럼

< 10W급 시작품 측정결과 >

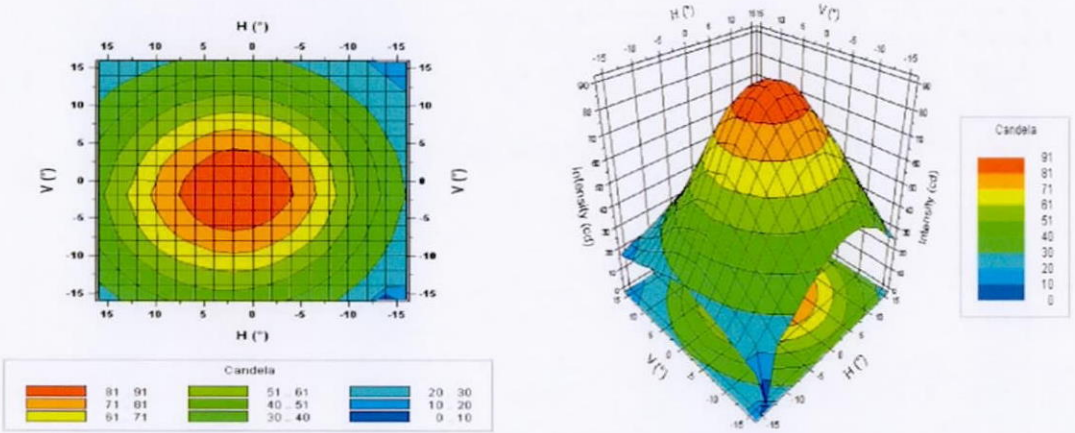
○ 배광 성능평가 결과값

- 배광성능을 평가를 위해 아래 사진과 같이 10W급 시작품을 배광시험기에 취부하여 다음과 같은 배광 측정결과를 얻을 수 있었음



< 배광시험 측정 사진 >

- 배광 측정결과는 다음 그림에 나타냄



(a) ISO-CANDELA (b) 3D-CANDELA

< 배광시험 측정결과 >

- 이러한 결과값으로 일반 조명용으로 사용되는 백열전구 및 할로겐램프와 비교하여도 즉시 조명용으로 사용하여도 양호한 결과를 얻을 수 있었음

Integrating Sphere Test Report

Report No.: *JBCC-WHITE*
Broadband Test No.: *BT1*
Spectral Test No.: *ST1*

Report Date: *2007-01-19*
Broadband Test Date: *19/01/2007*
Spectral Test Date: *19/01/2007*

Contact: -
Customer: -

Test On: *E26 BASE TYPE LED LAMP(WHITE)*
Catalogue No.: *070119-W*
Manufacturer: *JBCC*

Tested For: *Luminous Flux*
Spectral Energy Distribution
Chromaticity

Total Uncertainty of Measurement (As Estimated to the 95% Confidence Limit):

Temperature	*?0.1°*
Voltage	*?0.1%*
Current	*?0.1%*
Power	*?0.1%*
Luminous Flux	*< 10 lm ?4%*
	>= 10 lm ?3%
Luminous Efficacy	*?4%*
Chromaticity	*?0.003 units*
Colour Temperature	*?50K*
Wavelength	*?0.1nm*
Relative Spectral Energy	*?3% or ?0.001 units (whichever is greater)*

Test Officer: _____ ___/___/_____
SSW

Approved Signatory: _____ ___/___/_____
HMK

Checked by _____ Page 1 of 5

LISReport v2.08 Copyright ?OPT Australia 1999-2002

Optical & Photometric Technology Pty Ltd
25 Richards Road, Hoppers Crossing, Vic, 3029, AUSTRALIA
Tel: +61 3 9369 7000 Fax: +61 3 9369 7100
Email: opt@opt.au.com Web: www.opt.au.com

Report No.: *JBCC-WHITE*
Test On.: *E26 BASE TYPE LED LAMP(WHITE)*

Date: *2007-01-19*
Catalogue No.: *070119-W*
Manufacturer: *JBCC*

Luminous Flux

Temperature: *25*
Burning Time: *10 min*
Burning Attitude (Orientation) *Horizontal*

Supply Voltage: *220 V*
Supply Current: *0.096 A*
Supply Power: *8.68 W*

Measured Flux: *542 lm*

Measured Luminous Efficacy *62.4 lm/W*

LISReport v2.08 Copyright ?OPT Australia 1999-2006

Checked by _____ Page 2 of 5

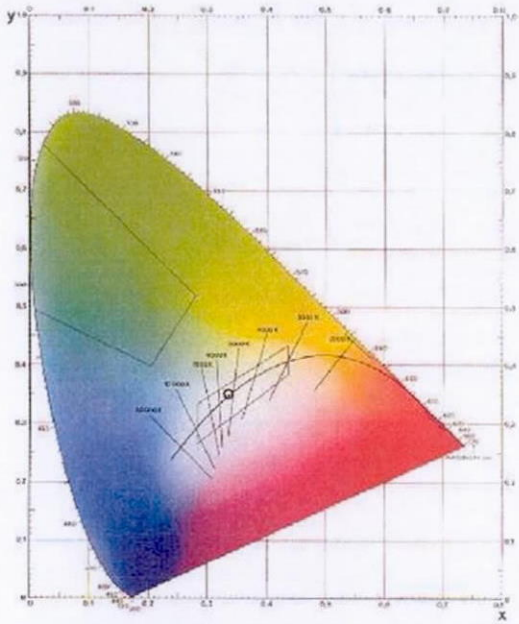
Optical & Photometric Technology Pty Ltd
25 Richards Road, Hoppers Crossing, Vic, 3029, AUSTRALIA
Tel: +61 3 9369 7000 Fax: +61 3 9369 7100
Email: opt@opt.au.com Web: www.opt.au.com

Report No.: *JBCC-WHITE*
Test On.: *E26 BASE TYPE LED LAMP(WHITE)*

Date: *2007-01-19*
Catalogue No.: *070119-W*
Manufacturer: *JBCC*

Colour & Chromaticity

Measured Chromaticity Coordinate *x = 0.338, y = 0.349*



Colorimetric Properties (with reference to Illuminant D65)

Dominant Wavelength: *580 nm*
Excitation Purity: *0.13*
Colorimetric Purity: *5%*

Colorimetric Properties

Correlated Colour Temperature: *5256*
General Colour Rendering Index: *73*
Colour Appearance Group: *2 (intermediate)*
Colour Rendering Group: *2*

Special Colour Rendering Indices

R1: *71*	R2: *77*	R3: *80*	R4: *73*	R5: *71*	R6: *67*	R7: *82*	R8: *61*
R9: *-20*	R10: *42*	R11: *69*	R12: *41*	R13: *71*	R14: *88*	R15: *66*	Rt: *43.8%*

Checked by _____ Page 5 of 5

LISReport v2.06 Copyright ?OPT Australia 1999-2006

Optical & Photometric Technology Pty Ltd
25 Richards Road, Hoppers Crossing, Vic, 3029, AUSTRALIA
Tel: +61 3 9369 7000 Fax: +61 3 9369 7100
Email: opt@opt.au.com Web: www.opt.au.com

Report No.: *JBCC-WHITE*
Test On.: *E26 BASE TYPE LED LAMP(WHITE)*

Date: *2007-01-19*
Catalogue No.: *070119-W*
Manufacturer: *JBCC*

Spectral Energy Data

Wavelength (nm)	Relative Spectral Energy
380	0.0066
385	0.0058
390	0.0045
395	0.0036
400	0.0021
405	0.0042
410	0.0090
415	0.0202
420	0.0476
425	0.1023
430	0.1997
435	0.3473
440	0.5735
445	0.8599
450	1.0000
455	0.8056
460	0.5099
465	0.3336
470	0.2319
475	0.1639
480	0.1284
485	0.1168
490	0.1210
495	0.1423
500	0.1839
505	0.2402
510	0.3034
515	0.3674
520	0.4243
525	0.4738
530	0.5107
535	0.5390
540	0.5593
545	0.5737
550	0.5831
555	0.5861
560	0.5859

Wavelength (nm)	Relative Spectral Energy
565	0.5844
570	0.5792
575	0.5709
580	0.5601
585	0.5497
590	0.5338
595	0.5144
600	0.4890
605	0.4646
610	0.4396
615	0.4130
620	0.3851
625	0.3565
630	0.3295
635	0.3025
640	0.2758
645	0.2510
650	0.2276
655	0.2055
660	0.1851
665	0.1665
670	0.1495
675	0.1338
680	0.1190
685	0.1055
690	0.0935
695	0.0829
700	0.0730
705	0.0645
710	0.0569
715	0.0510
720	0.0449
725	0.0396
730	0.0348
735	0.0311
740	0.0273
745	0.0242

Wavelength (nm)	Relative Spectral Energy
750	0.0221
755	0.0191
760	0.0171
765	0.0151
770	0.0134
775	0.0111
780	0.0101

Checked by _____ Page 4 of 5

LISReport v2.08 Copyright ?OPT Australia 1999-2002

Optical & Photometric Technology Pty Ltd
25 Richards Road, Hoppers Crossing, Vic, 3029, AUSTRALIA
Tel: +61 3 9369 7000 Fax: +61 3 9369 7100
Email: opt@opt.au.com Web: www.opt.au.com

Luminaire: LED
Type.....: JB (WHITE 8ea)
Lamp.....: LED
No. of Lamps...: 1 Report..: JUNGBU(LED)
Lamp flux..[lm]: 680 Name....: Usk
Output ratio[%]: 65.6 Date....: 5 Jan 2007
Comment.....: Customer : JUNG-BU

File name: JUNGBU5
Power.....[W]: 8
Tilt angle..[°]: 0

Diameter...[mm]: 77
Height.....[mm]: 125

IES COEFFICIENTS OF UTILIZATION

Table of luminaire coefficients of uLilization

Calculation based on Zonal-Cavity Method
Illuminating Engineering Society of North America

Effective Ceiling Cavity Reflectance in %
Effective Wall Cavity Reflectance in %
Effective Floor Cavity Reflectance 20 %

Values of Utilization Coefficients are multiplied by 100

Eff. Ceiling Eff. Wall	80 80 80 70 70 70 50 50 50 30 30 30 10 10 10 50 30 10 50 30 10 50 30 10 50 30 10 50 30 10	0 0
Room Cav. Ratio	Utilization Coefficients x 100	
1	71 70 69 68 67 66 63 63 62 59 58 58 55 54 54	52
2	68 66 65 66 64 63 62 61 60 58 57 56 54 54 53	52
3	66 64 62 64 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 53	51
4	63 61 59 62 60 58 59 57 56 56 55 54 54 53 52	51
5	61 59 57 60 58 56 57 56 55 55 54 53 53 52 51	50
6	59 57 55 58 56 55 56 54 53 54 53 52 52 51 51	50
7	58 55 54 57 55 53 55 53 52 53 52 51 52 51 50	49
8	56 54 52 55 53 52 53 52 51 52 51 50 51 50 49	48
9	55 52 51 54 52 50 52 52 51 52 51 50 51 50 49	48
10	55 51 51 54 52 49 52 51 50 51 50 49 51 50 48	47

Korea Institute of Lighting Technology
355-24, Hap Jung-Dong, Mapo-Ku
Seoul, Korea (121 220)

Tel. (+82) 2 3141 - 6797
Fax (+82) 2 3141 - 6566

Luminaire: LED
Type.....: JB (WHITE 8ea)
Lamp.....: LED
No. of Lamps...: 1 Report..: JUNGBU(LED)
Lamp flux..[lm]: 680 Name....: Hsk
Output ratio[%]: 65.6 Date....: 5 Jan 2007
Comment.....: Customer : JUNG BU

File name: JUNGBU5
Power.....[W]: 8
Tilt angle..[°]: 0

Diameter...[mm]: //
Height.....[mm]: 125

LUMINAIRE DATA

Classification:
LiTG: A60
BZ: BZ10
UTE 71-121: 0.66 A CIE Flux Code: 95 - 99 - 100 - 100 - 66

Measuring program: ARBITRARY LUMINAIRE / Cone surface / D21518

File name: RECESSR / JUNGBU5

Additional information:
Luminaire with LED Lamps, Direct Lighting

Data of measuring lamps:
1. Lamp: 680 lm / No.Normal

Given total luminous flux: 446 lm

Selected C-Planes
Number of C-Planes: 24
from: C 0.0° to: C 345.0° in: 15.0°

Selected Intensity Angles
Number of Angles Gamma: 19
from: G- 0.0° to: G- 90.0° in: 5.0°

Korea Institute of Lighting Technology
355 24, Hap Jung-Dong, Mapo Ku
Seoul, Korea (121-220)

Tel (+82) 2 3141 - 6797
Fax (+82) 2 3141 - 6556

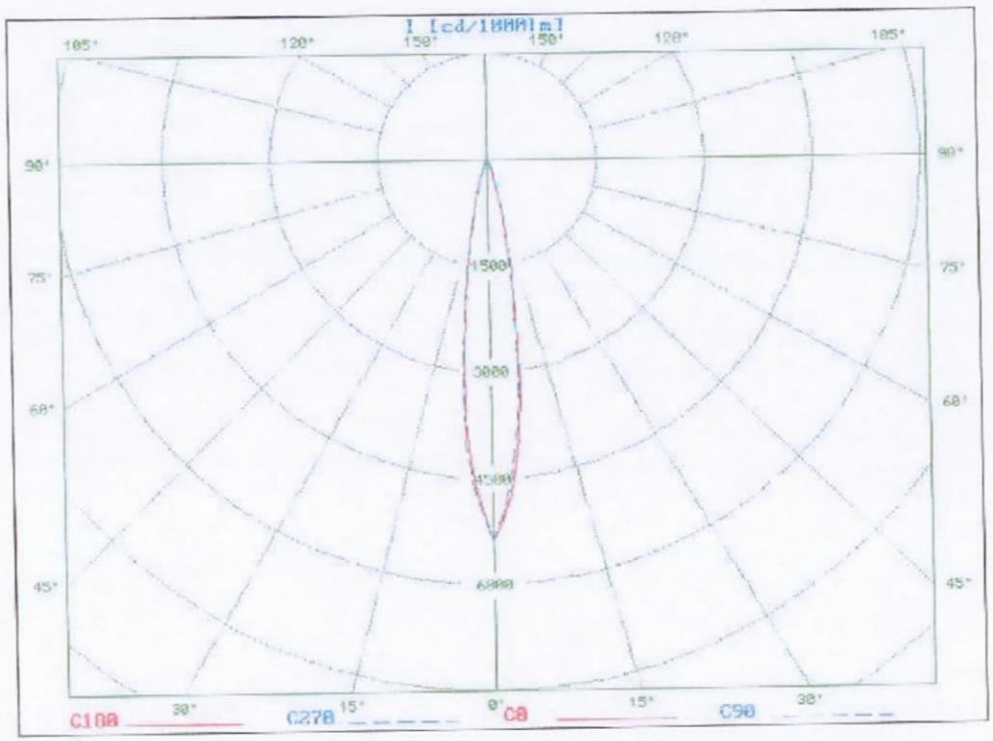
KILT

Luminaire: LED
Type.....: JB (WHITE Bea)
Lamp.....: LED
No. of Lamps...: 1 Report..: JUNGBU(LED)
Lamp flux..[lm]: 680 Name....: Hsk
Output ratio[%]: 65.6 Date....: 5 Jan 2007
Comment.....: Customer : JUNG-BU

File name: JUNGBU5
Power.....[W]: 8
Tilt angle..[°]: 0

Diameter...[mm]: 77
Height.....[mm]: 125

INTENSITY DISTRIBUTION IN cd/1000lm



Korea Institute of Lighting Technology
355-24, Hap Jung Dong, Mapo-ku
Seoul, Korea (121-220)

Tel. (+82) 2 3141 - 6797
Fax (+82) 2 3141 - 6556

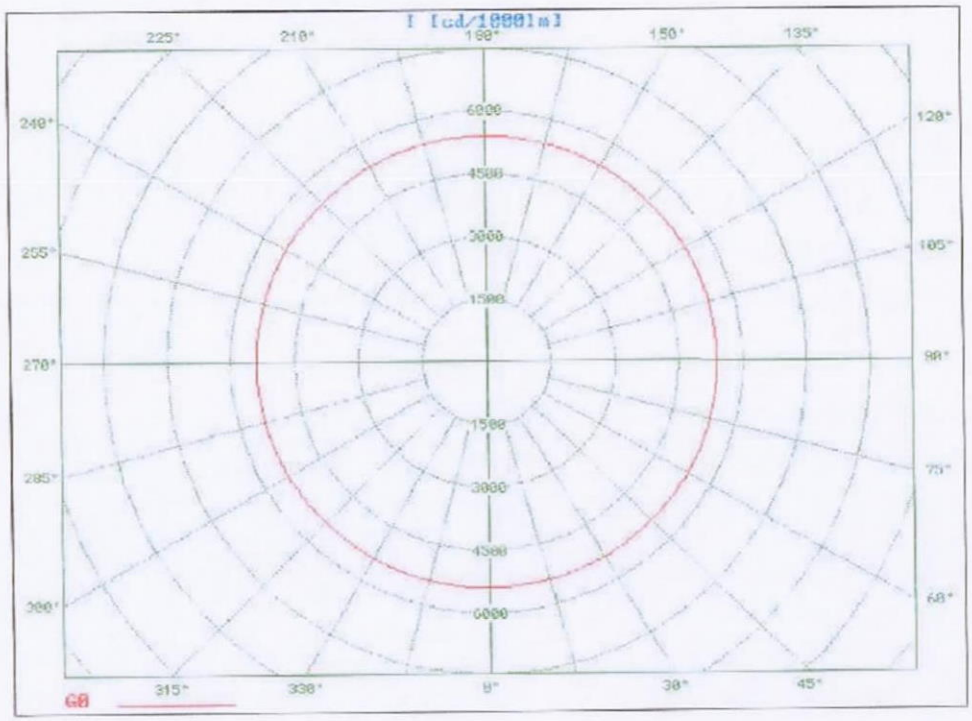
KILT

Luminaire: LED
Type.....: JB (WHITE 8ea)
Lamp.....: LED
No. of Lamps...: 1 Report..: JUNGBU(LED)
Lamp flux..[lm]: 680 Name....: Hsk
Output ratio[%]: 65.6 Date....: 5 Jan 2007
Comment.....: Customer : JUNG-BU

File name: JUNGBU5
Power.....[W]: 8
Tilt angle..[°]: 0

Diameter...[mm]: //
Height.....[mm]: 125

INTENSITY DISTRIBUTION IN cd/1000lm



Korea Institute of Lighting Technology
366-24, Hap Jung Dong, Mapo-ku
Seoul Korea (121-220)

Tel. (+82) 2 3141 - 6797
Fax (+82) 2 3141 - 6656

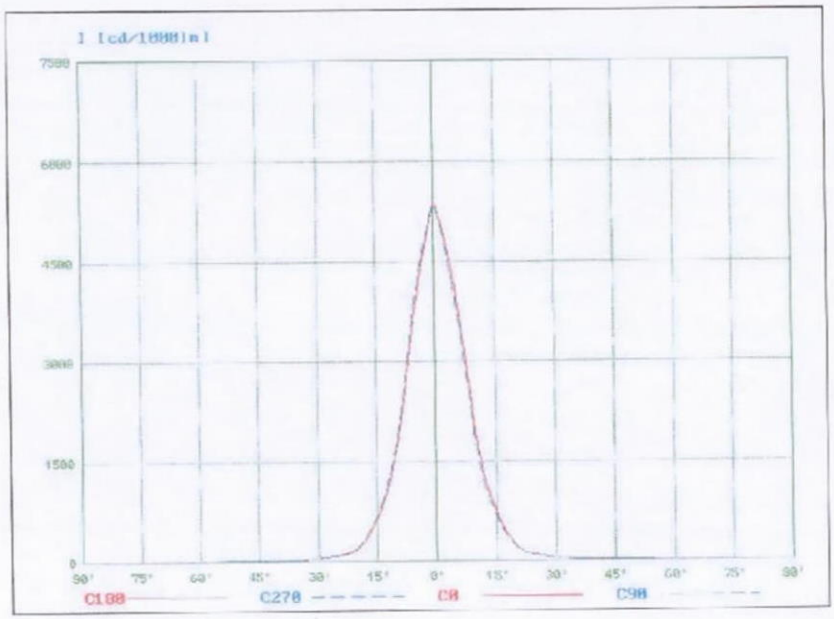
KILT

Luminaire: LED
Type.....: JB (WHITE 8ea)
Lamp.....: LED
No. of Lamps...: 1 Report..: JUNGBU(LED)
Lamp flux..[lm]: 680 Name....: Hsk
Output ratio[%]: 65.6 Date....: 5 Jan 2007
Comment.....: Customer : JUNG-BU

File name: JUNGBU5
Power.....[W]: 8
Tilt angle..[°]: 0

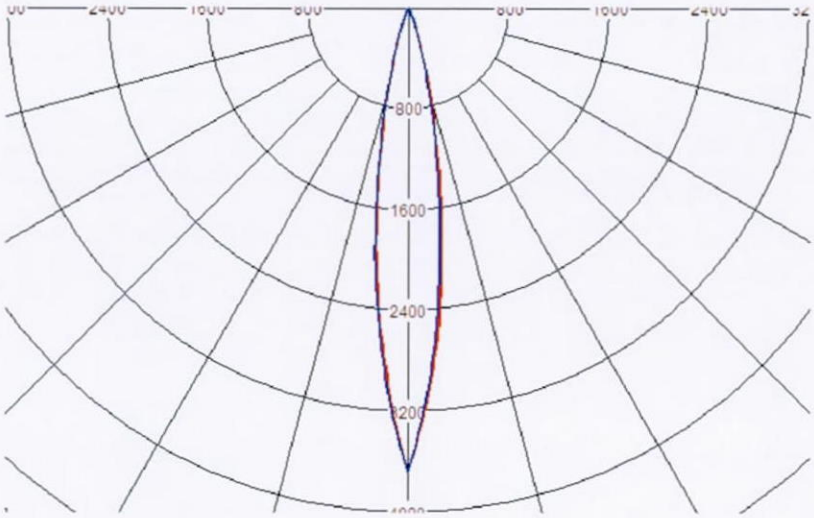
Diameter...[mm]: 77
Height.....[mm]: 125

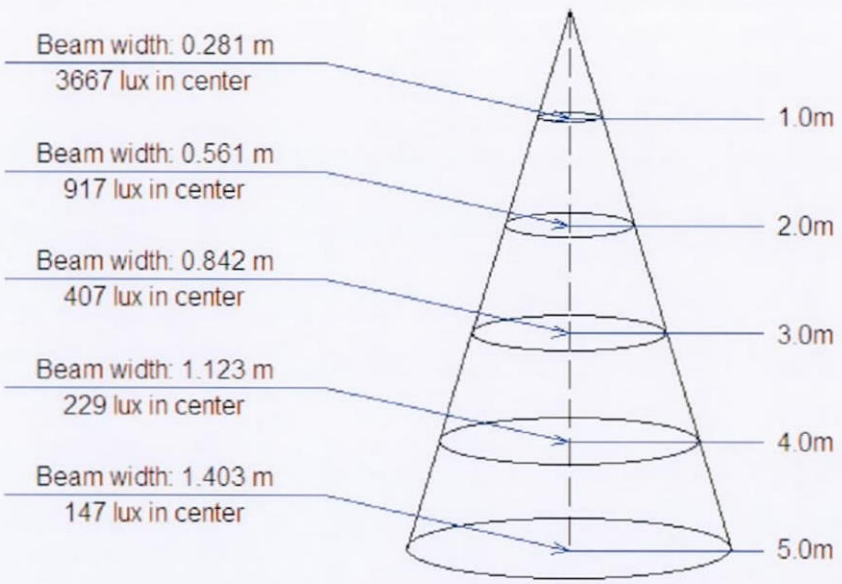
INTENSITY DISTRIBUTION IN cd/1000lm



Korea Institute of Lighting Technology
355-24, Hap Jung-Dong, Mapo-ku
Seoul, Korea (121-220)

Tel. (+82) 2 3141 - 6797
Fax. (+82) 2 3141 - 6886





Average Beam Half-Angle = 8

Ⅱ. 감성조명에 관한 조사 연구

1. 조명의 요소

조명(Lighting)이란 물체와 그 주변을 볼 수 있도록 빛을 비추는 것(국제조명위원회)으로 정의된다. 인간은 외부로부터 정보의 대부분을 시각을 통하여 얻고 있다. 또 인간이 물체, 정보 등을 인식하기 위해서는 물체와 그것을 둘러싼 환경(배경)과의 사이에 밝기 차이가 있어야만 한다. 또 인간의 활동은 주간뿐만 아니라 야간에도 계속되기 때문에 스스로 발광하는 시 대상물 이외에 대해서는 적절한 조명이 제공될 필요가 있다. 또한 적절한 조명이란 단지 밝기뿐만 아니라, 그 공간의 목적에 따른 질(글레어, 휘도, 연색성 등)도 제공되는 것이 건전한 조명이다.

가. 광속(光束, Luminous Flux)

복사에너지가 단위시간당 방사되는 양을 복사속(輻射束)이라 하고 그 복사속 중 가시광선이 단위시간당 방사되는 양을 광속이라 한다. 심볼은 F로 표시하고 단위는 lm(Lumen)으로 표시한다.

나.광도(光度, Luminous Intensity)

점광원의 어떤 방향으로의 광속의 입체각 밀도를 그 방향으로의 광도라 한다. 심볼은 I로 표시하고 단위는 cd (candela), cd = lm/sr (sr = steradian, 입체각단위)로 나타낸다. 1 cd 는 백금의 융해온도 (1770 C)로 가열된 면적 1/60 cm2의 흑체의 밝기이다. 입체각(Solid Angle): 한 점과 임의의 면이 이루는 입체각은 그 면의 면적을 점과 면 사이 거리의 자승으로 나눈 값이다.

다. 조도(照度, Illuminance)

조도란 작업면(피조면상)에 와닿는 빛의 양(광속밀도)을 말하며 단위는 lx(Lux)로 나타낸다. 조도는 시력에 심한 영향을 주고 있으며, 조도가 증가할수록 시력도 증가한다고 볼 수 있다. 보통은 조도를 높게 하면 좋은 조명으로 간주될 가능성이 있는데, 반드시 고조도의 조명이라고 해서 좋은 조명이라고는 할 수 없다. 즉 작업의 상태, 실의 사용목적 등에 따라 거기에 알맞은 조명을 함으로써 경제적인 면이라든가, 시력, 작업능률 등에 좋은 결과를 가져온다.

라. 휘도(輝度, Luminance)

휘도란 입사 또는 반사에 의한 밝기 정도를 나타내는 지표로 빛을 발산하는 명을 어느 방향에서 보았을 때 그 밝기를 나타내는 측광량을 말하며, 기호는 L,단위는 cd/m2나 nit로 표시한다.

구체적으로는 인간이 느끼는 주관적 밝기(Brightness)와 비교적 잘 대응하도록 정해진 시각 자극의 강도를 말한다. 대상이 되는 면광원(面光源), 반사면, 투과면으로 부터 관측 방향에 수직인 면에 투사된 단위 면적당의 광도로 정의되어 있다. 여기서 광도(光度)는 매 초 발산되는 방사 에너지에 시각도(視覺度)를 곱하고, 가시 범위의 면적으로 나눈 값이다.

시야 속에 현저히 휘도가 높은 부분이 있어서 휘도의 대비가 극단으로 크면 보기가 어려워 불쾌감을 일으킨다. 이 현상을 눈부심(Glare)라고 한다. 눈부심의 정도를 좌우하는 조건은 보이는 물체의 주위가 어둡고, 시력이 낮아질수록, 휘도(광원의 빛남)가 높을수록, 광원이 시선에 가까울수록, 광원의 면의 크기가 클수록 눈부시다.

마. 광속발산도(光束發散度, Luminous Emittance)

어떤 면의 단위면적으로부터 발산하는 광속 (즉, 어떤 면으로부터 방사된 광속의 면적밀도) - 조도의 반대방향을 의미하며 심볼은 M으로 표시하며 단위는 Lambert, Radlux (= lm/m2)으로 나타낸다.

2 조명의 색온도 및 색채

가. 조명기구의 색온도에 대한 이론적 고찰

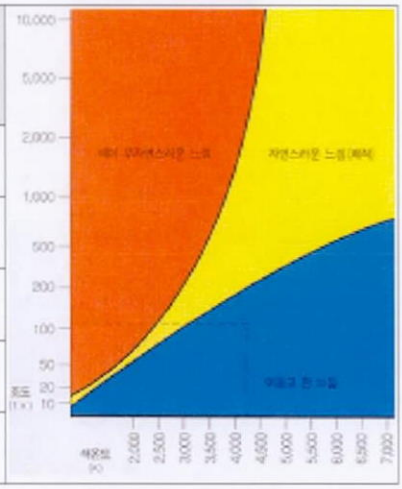
(1) 조도와 색온도와의 관계

조도란 작업면(피조면상)에 와닿는 빛의 양(광속밀도)을 말하며 단위는 lx(Lux)로 나타낸다. 색온도는 광색을 나타내는 하나의 방법으로 물체가 고온으로 뜨거워지면 빛을 방사하는데, 온도에 따라 빛의 색이 변하는 것을 이용하여 광색을 온도로 나타내는 것을 색온도라고 한다. 색온도는 수치가 낮을수록 붉은색의 정도가 강하고, 높을수록 푸른색으로 보인다.

다음 표 2는 조도와 색온도의 느낌을 나타낸 것이다. 조도가 높아짐에 따라

색온도도 비례하여 높아지므로 광원의 색온도는 조도에 맞추는 쪽이 유리하다.

표 2. 조도와 색온도의 느낌

조도(lx)	< 3300K 따뜻함 온백색(WW)	3300K ~ 5300K 중간 백색(MW)	> 5300K 시원함 주광색(D)	
500	즐거운	중간	시원한	
1,000	〃	〃	〃	
2,000	자극적	즐거운	중간	
3,000	〃	〃	〃	
4,000	부자연스러움	자극적	즐거운	

(2) 색온도에 따른 작업 효율 및 피로도, 적합한 장소

같은 연색성을 지닌 광원을 사용할 때, 색온도에 따라 작업의 효율이 달라진다. 다음 표 3은 색온도에 따른 작업 효율을 나타낸 것으로 색온도가 높을수록 작업효율이 높게 나타남을 알 수 있다[1]. 그리고 다음 표 4는 색온도에 따른 피로도와 그에 따른 적용에 적합한 장소를 나타낸 것으로 공간의 용도에 적합한 색온도의 광원을 선택하여야 한다[2].

표 3. 색온도에 따른 작업효율

	3500K, 85 CRI	5000K, 85 CRI
Brightness perception (밝기 지각)	100%	109%
Visual acuity for reading paper tasks (문서 읽기의 시각적 정확도)	100%	116%
Visual acuity for computer tasks (모니터 작업의 시각적 정확도)	100%	121%

1) Pacific gas and Electric company, 2006
2) 양희경, 주관평가와 작업수행도의 상관관계 분석에 의한 조명 색온도에서의 피로도 평가, 한국감성과학회지, 2001

표 4. 색온도에 따른 피로도 및 장소

색온도(K)	색온도에 따른 피로도	적합한 장소
2700	시각피로, 정신피로를 가장 적게 느낌	휴식을 위한 공간
4000	시각피로 가장 많이 느낌	집중도가 다소 높은 곳
6500	정신피로를 가장 많이 느낌	작업수행도가 다소 높은 곳

(3) 색온도 선택 및 비교사례

램프의 종류 및 제품에 따라 색온도가 다양하므로 공간의 용도 및 분위기에 따라 적합한 램프의 선택이 중요하다. 다음 표 5는 'O'조명회사 형광램프의 제품별 색온도를 나타낸 예시이고, 그림 1은 같은 공간에서 다른 색온도의 조명기구를 사용하였을 경우 나타나는 모습을 비교한 것이다.

표 5. 형광램프의 제품별 색온도

제품명	사용전력	광속(lm)	색온도
FL 20EX-D(11)	20	1300	주광색 6000K
L 18W/12-950	18	1000	주백색 5400K
L 18W/20	18	1150	냉백색 4000K
L 18W/30	18	1150	온백색 3000K
L 40W/41-827 C	40	2900	전구색 2700K



그림 1. 조명기구의 색온도에 따른 조명연출 비교

나. 조명기구의 색채 연출에 대한 이론적 고찰

LED 조명기구의 색채에 대한 실험에 앞서 일반적인 색채에 대한 특성 및 선호도에 대한 조사를 실시하였다. 자료 조사는 문헌고찰을 통해 일반적인 색채들을 대상으로 한 색채의 선호도를 조사한 결과 중 본 연구에서 조사된 7가지 색채 중 연관성을 가진 5가지 색채(Red, Green, Blue, Yellow, White)의 선호도를 정리하였다[3]. 다음의 표 1은 5가지 일반적인 색채에 관한 성별 및 연령대별 선호도이다.

표 1. 일반적인 색채의 선호도

구분	색채 선호도	백분율
RED (빨강)	- 남자의 12%, 여자의 12%가 선호 - 25세 미만은 8%만 선호 - 50세 이상의 남자 17%, 여자 16%가 선호	12%
GREEN (녹색)	- 남자의 16%, 여자의 15%가 선호 - 남자의 경우 25세 미만은 12%, 50세 이상은 20%가 선호(노년층이 더 선호) - 남자의 6%, 여자의 7%가 기피	15%
BLUE (파랑)	- 가장 좋아하는 색 - 남자의 46%, 여자의 44%가 선호 - 남자의 1%, 여자의 2%가 기피	45%
YELLOW (노랑)	- 6%의 남자와 여자가 선호 - 7%의 남자와 여자가 기피 - 젊은 층보다 노년층에 더 인기	6%
WHITE (흰색)	- 응답자의 2%가 선호 - 남자의 2%, 여자의 1%가 기피	2%

- Blue가 가장 높은 선호도로 조사
- White와 Yellow가 가장 낮은 선호도로 조사
- Magenta와 Cyan의 경우 일반적인 색채의 선호도 조사 대상에 포함되어있지 않으므로 제외

3) 에바 헬러, 색의 유혹, 예담출판사, 2002.6

3 실험 방법의 고찰

가. 공간의 분류 및 Prototype 선정 / 공간별 조도기준 조사 및 선정

형광등을 대체할 차세대 LED 조명의 개발을 위해 현재 형광등 및 백열등이 주로 사용되는 공간에 대한 특징 및 고려사항들을 조사하였다. 각 공간에 따라 요구되어지는 조도 및 색온도 등의 조명환경을 파악하고 가장 적합한 조명환경을 제시함을 목적으로 한다. 각 공간에 대한 조도기준은 KS 조도기준(KS A 3011)과 IES 조도기준(IESNA)을 조사하였다.

공간의 선정은 형광등과 백열등이 가장 많이 사용되는 공간으로 선정하였고, 크게 사무시설과 주거시설로 제한하였다. 형광등이 주로 사용되는 공간은 사무시설의 사무실과 주거시설의 거실, 침실을 선정하고, 백열등이 주로 사용되는 공간은 주거시설의 주방과 욕실을 선정하였다. 다음의 표 9는 각 실의 특징 및 고려사항과 조도기준을 정리한 것이다.

표 9. 공간별 특징 및 조도기준

공간		광원	특징 및 고려사항	조도기준	
				KS 조도기준	IES 조도기준
사무시설	사무실	형광등	- 20~40대의 연령층이 대체로 사용 - 업무를 위한 공간으로 작업능률 향상을 위한 조명계획 필요	150-200-300 (판독)	200-300-500 (Reading)
주거시설	거실	형광등	- 모든 연령층이 사용 - 다양한 목적으로 사용되는 공간	150-200-300 (거실)	50-75-100 (Residences/ Conversation, relaxation)
	침실	형광등	- 모든 연령층이 사용 - 주로 휴식(저조도)과 화장(고조도)의 행위가 발생하는 공간	15-20-30 (침실/전반) 300-400-600 (침실/화장)	50-75-100 (Residences/ General Lighting) 200-300-500 (Residences /Makeup)

나. 연령대별 시각 및 신체적 특성 / 연령대별 행위와 환경의 관련성

조명 계획 시 반드시 고려해야 할 사항은 공간뿐만 아니라 사용자에 대한 고려이다. 따라서 사용자의 신체적·심리적 특성을 고려하여 신체적·정신적 건강에 유익한 조명환경의 제시를 목적으로 한다. 인간은 오감을 통하여 주위 환경으로부터 정보를 얻게 된다. 특히 오감 중 전체 정보의 87% 정도를 받아들이는 감각인 시각은 일상생활 영위에 매우 중요한 역할을 한다[4].

표 10. 오감에 따른 정보섭취능률

감각의 종류	시각(눈)	청각(귀)	후각(코)	촉각(피부)	미각(혀)	계
정보섭취능률	87.0%	7.0%	3.5%	1.5%	1.0%	100%

이와 같이 중요한 인간의 시각은 그림 2와 같이 20세까지 시력이 최고의 상태이고, 21세부터 35세까지는 시력이 서서히 저하되기 시작한다. 그리고 36세부터 50세 정도에 노안이 시작되므로 51세부터는 노안경이 필수적으로 요구되며 66세 이상이 되면 시야가 좁아지고 옆 사람에 대한 느낌이 둔해질 정도로 노화가 진행된다. 또한 원근감에 대한 감각이 둔해지고, 20대의 평균 시력이 1.0이라면 65세에는 0.4정도로 떨어져 작은 글자의 판단이 어렵고 정교한 작업이 곤란해진다[4]. 개인의 차이는 있으나 40세 전 후부터 어두운 곳에서는 작은 숫자의 3과 8이 구분되지 않거나 바늘구멍에 실을 꿰는 것이 힘들어져 당황하는 일도 생기며, 50세 후반이 되면 바닥에 있는 물건을 생각지도 않고 밟거나 바닥 무늬를 물건으로 오인하여 피해 걷는 일도 있다.[5]

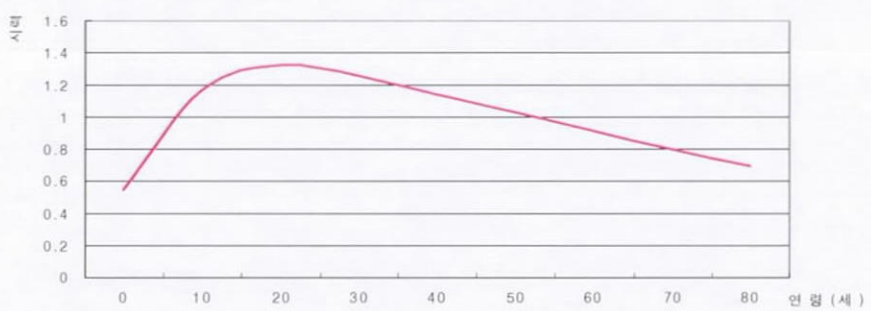


그림 2. 연령변화에 따른 시력의 변화

4) 인테리어산업협회, 고령자를 위한 조명과 색채, 도서출판국제, 2001
5) 일본건축학회 - 시환경편

고령자의 경우 동일한 작업을 수행하는 데에도 일반 성인들의 2~3배에 해당하는 높은 조도를 요한다. 그러나 조명계획에 있어서 일률적으로 조도를 높여주기보다는 주거의 공간별 특성과 행해지는 작업을 충분히 고려하여 적정 조도를 제공하는 것이 중요하다. 다음의 표 11은 특정 밝기에서 3m 거리에서 읽을 수 있는 글자의 크기가 어느 정도 되어야 하는지를 실험한 일본 인간생활공학 연구센터의 측정 결과[6]이다. 괄호 안의 수치는 1,000 lx의 밝기에서 25세~34세의 젊은 성인들이 읽을 수 있는 글씨크기를 1로 했을 경우의 배율이며, 피험자의 수는 420명이다.

표 11. 조도변화에 의해 3m거리에서 읽을 수 있는 문자의 크기

밝기	25~34세 성인	75세 이상 고령자
1,000 lx	若年者 (1.0)	高齢者 (2.1)
100 lx	若年者 (1.4)	高齢者 (2.7)
10 lx	若年者 (1.8)	高齢者 (4.3)

고령자는 글레어에 대해서는 70세는 20세의 2배, 80세는 3배로 더욱 민감해지고, 명암에 대한 순응력이 떨어지며 색 감각, 특히 한색계에 대한 판단력이 둔해진다. 또한 수정체의 단백질이 세월의 지남에 따라 서서히 아미노산으로 분해되어 황색소로 변하는 백내장이 발생하기도 한다. 백내장의 발생 시에는 인식가능한 색의 수가 현저히 감소되고, 시계가 마치 노란색필터를 통하여 보여지는듯한 시계황변화가 발생한다. 다음의 그림 3은 연령대에 따른 수정체의 투과율을 그래프로 나타낸 것이다[7].

6) 고령자가 사용하기 쉬운 제품과 편리한 공간을 만들기 위한 설계 데이터, 사단법인 인간생활공학 연구센터, 일본
7) 고령자가 사용하기 쉬운 제품과 편리한 공간을 만들기 위한 설계 데이터, 사단법인 인간생활공학 연구센터, 일본

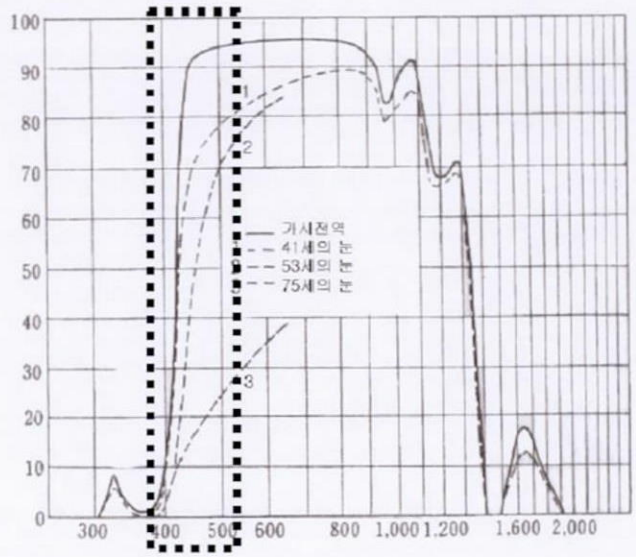


그림 3. 수정체의 파장별 투과율 곡선(Edward, A.)

그리고 청색계열의 시인도가 저하되어 파란색 문자의 지각에 어려움을 가진다. 아래의 표 12는 일본에서 선행된 한 연구의 결과를 보여주는 것으로, 특정 바탕색과 중심색 조합에서의 고령자 시인성 정도를 나타내고 있다[8].

표 12. 바탕색과 중심색의 조합에 따른 고령자의 시인성

바탕색	중심색	시인성
white	yellow	지각되지 않는다.
blue	white	알 수 있다.
black	purple	희미해지고 식별이 곤란하다.
white	purple	변색되어 잘 모르겠다.
black	blue	전혀 보이지 않는다.
yellow	black	바탕색을 잘 모르겠다.

또 고령자는 암순응과 명순응 능력에 있어서도 젊은 사람들에 비해 현저히 저하된다. 다음 그림 4는 3m 거리에서 10,000 cd/㎡의 스크린을 1분간 본 후 조도 10lx에 흰색 배경으로 쓰여진 10단계의 히라가나를 제시하고, 10초 안에 읽어낼 수 있는 문자의 진한 정도를 측정한 데이터[9]이다.

8) 박경수, 감성공학 및 감각생리, 2000

또 다른 고령자의 시각특성 중 하나는 상방향의 시야가 젊은 사람들에 비해 많이 좁아진다는 점이다. 이러한 특징을 감안하여 안전 혹은 안내표지 등의 중요한 시각적 정보를 제공할 때에도 고령자의 유효시야를 벗어나지 않도록 주의해야 한다. 그리고 고령자는 공간의 깊이감이나 입체감을 지각하는 데에 있어서도 어려움을 느끼므로 강약을 가지는 조명연출이나 색을 이용한 조명의 사용으로 이를 보완할 수 있도록 해야 한다.

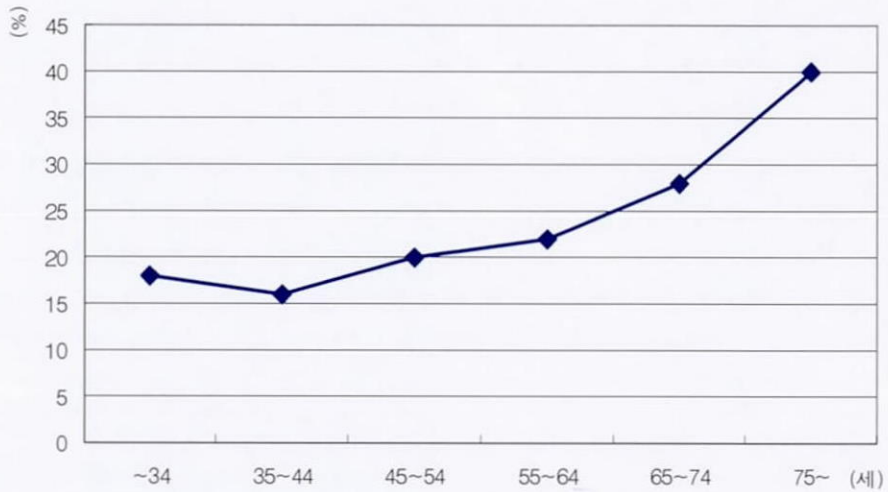


그림 4. 명순응 후에 읽어낼 수 있는 문자의 농도

다. 사용자의 생체리듬에 맞는 조명계획

1) 생체리듬과 조명

모든 생물은 외부로부터 시간의 정보가 주어지지 않더라도 여러 가지 생리기능이나 행동은 24시간을 주기로 반복하는 고유한 리듬을 가지며 이 리듬을 생체리듬이라고 명한다. 최근 기분이나, 수면, 각성과 같은 일상생활의 기초가 되는 생체의 기능이 강한 빛에 의해 영향을 받게 된다는 사실이 알려지게 되면서 고령자의 수면장애나 동계 우울병에 대하여 고조도의 광치료가 주목받고 있다. 가을부터 겨울에 걸쳐 기분이 우울해지는 계절성 우울증 SAD나, 주간에 졸고 야간에는 각성상태로 배회하거나 주위의 사람에게 폭력을 휘두르

9) 고령자가 사용하기 쉬운 제품과 편리한 공간을 만들기 위한 설계 데이터, 사단법인 인간생활공학 연구센터, 일본

는 치매 고령자의 행동장애도 주간의 변화에 생체리듬이 순조롭게 적응하지 못하기 때문에 나타나는 현상으로 파악된다.

이 생체리듬이 정상적으로 맞추어지지 않았을 경우 생활의 리듬이 흐트러지게 되는데 이것을 조정하는 수단으로서 강한 빛을 이용하여 외부 환경과 자기 몸의 리듬을 조화시키고자 하는 것이 광치료의 원리이다. 자연광을 충분히 쬐는 사람에게는 리듬이 어긋나는 일이 발생하지 않지만 외출 횟수가 적어져 태양광을 접할 기회가 줄거나, 또는 시력이 떨어져서 빛을 느끼는 능력이 저하되면 생체 리듬을 조정하는 것이 어렵게 된다.

이와 같은 생체리듬을 조절하는 데에 중요한 역할을 하는 호르몬이 멜라토닌이다. 멜라토닌은 수면과도 밀접한 관련이 있는 호르몬으로 아침에 빛을 쬐면 감소하고, 저녁 무렵부터 상승하여 밤이 깊어질수록 점점 증가하고 오전 2~3시에 피크에 도달하며, 새벽이 가까워 오면 분비량이 급감하여 아침부터 낮 동안은 계속 낮은 수준을 유지한다[10]. 고령자가 되면 숙면을 취하는 단계의 수면이 감소하게 되고 65세 이후는 이 수면대가 거의 없어지게 된다. 이러한 현상은 오랜 시간 잠을 유지할 수 없게 하며 새벽잠을 설치게 하는 주요 원인으로 작용한다. 고령자의 이러한 수면패턴으로 결국 낮 시간에 졸게 되는데, 낮 시간을 사회적 활동이나 정신적 자극 없이 집에서 보내는 고령자들의 조는 경향은 인지기능 퇴화에 악영향을 끼치는 것으로 판단된다. 고령자의 이러한 경향을 최소화하고 개선시키기 위해서는 빛에 의하여 감소되는 멜라토닌을 충분히 고려하여 잠자기 전에 빛의 밝기조절을 통해 적절한 멜라토닌이 분비되도록 하는 것이 중요하다[11].

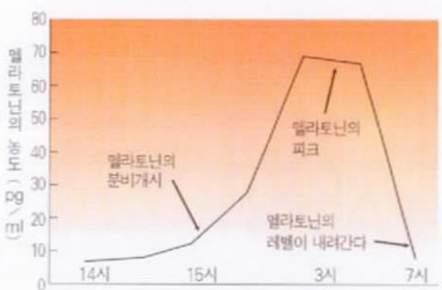


그림 5. 멜라토닌 분비의 24시간 사이클

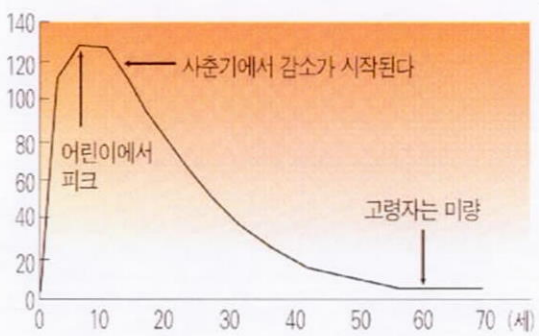


그림 6. 연령과 야간의 멜라토닌 분비

2) 사용자의 생체리듬을 고려한 침실의 조명연출 계획

10) 인테리어산업협회, 고령자를 위한 조명과 색채, 도서출판국제, 2001
11) 원슬기, 고령자 주거시설의 조명방법론 개발 및 적용방안, 세종대학교석사논문, 2006

시간에 따라 태양의 위치가 달라지며 그에 따라 나타나는 자연광의 색온도가 달라진다. 인간의 생체리듬은 빛에 의해 가장 큰 영향을 받기 때문에 자연광에 가장 유사한 빛을 제공할 경우 육체적·정신적으로 온전한 생체리듬을 유지할 수 있게 되어 심리적·생리적 건강을 유지할 수 있다. 다음 그림 21은 인간의 시간대별 신체활동 사이클을 나타낸 것이다.

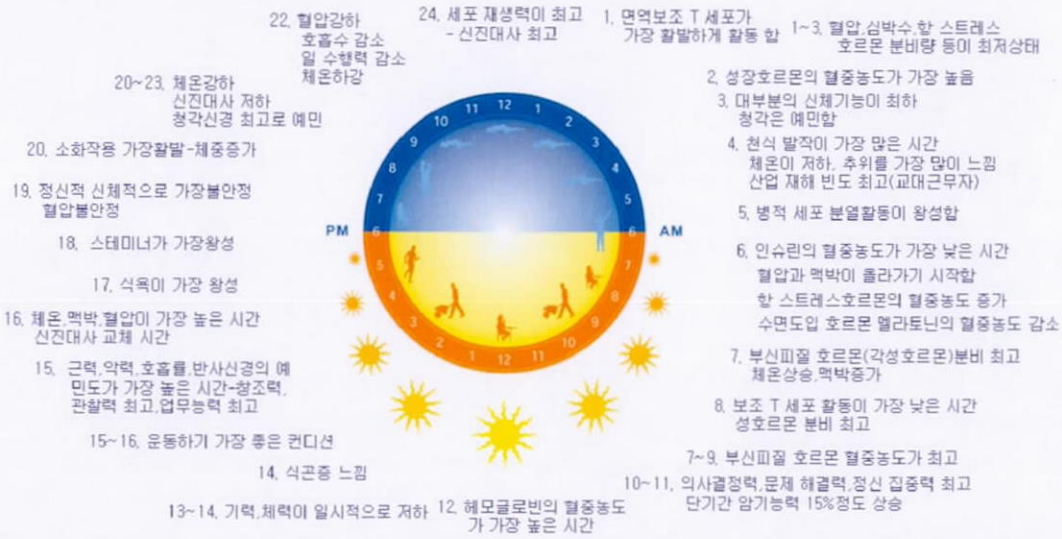


그림 7. 인간의 시간대별 신체활동 사이클

침실용 생체리듬을 위한 조명기구는 잠자리에 들기 전부터 일어날 때까지의 순차적인 조도와 색온도 변화를 통해서 인간의 신체적 리듬을 고려한 것이다. 온백색(3000K)과 주광색(6500K)의 LED 광원을 혼용하여 조광제어(Dimming)를 통해 조도와 색온도를 조절한다. 다음 표 13은 조광제어를 통한 생체리듬 조명기구의 적용을 위해 실제 현장 측정을 통한 데이터를 가지고 약산에 의해 조도 및 색온도를 산출하여 인간의 생체리듬에 맞도록 단계별로 조명연출을 계획한 것이다[12].

12) 이정은, 주거공간의 삶의 질 향상을 위한 건강조명시스템 개발 및 적용방안, 세종대학교석사논문, 2004

표 13. 생체리듬을 고려한 침실용 조명기구의 조명연출 계획

구분	시간	시간대별 연출
1단계	잠자리에서 일어나기 전 30분	· **30분전** - 해뜰 때 태양의 색온도 3000K, 조도 5 lx ▶ 3000K 100% · **15분전** - 일출 1시간 색온도 3500K, 조도 30 lx ▶ 3000K 85% + 6500K 15%(약 3525K) · **30분경과** - 일출 2시간 색온도 4000K, 조도 60 lx로 10분간 유지 ▶ 3000K 70% + 6500K 30% (약 4050K) (cf.일반적으로 5분~10분 사이에 잠에서 깨 상쾌한 기분이 들어야 좋음)
2단계	오전~오후 (1단계 후 자동 조절)	· **낮** - 밝은 날 태양의 색온도 5500K, 조도 150 lx ▶ 3000K 25% + 6500K 75% (약 5625K)
3단계	저녁시간 때	· **일몰 2시간 전, 후** - 색온도 4000K, 조도 300 lx ▶ 3000K 70% + 6500K 30% (약 4050K)
4단계	잠자리에 들기 15분전	· **해질 때** - 태양의 색온도는 3000K, 5 lx에서 3 lx로 변화하다가 15분후 OFF (cf.일반적으로 30초~15분 사이 잠에 듬)
기타		· **화장대 이용 4500K, 300 lx** - 밝고 왜곡되지 않는 조명연출 · **부부간의 대화 3500k, 150 lx** - 서로의 얼굴을 바라보며 여유로운 조명연출 · **무드조명 3000K, 60 lx**

Ⅲ. LED 조명에 대한 일반적 고찰

1. LED의 개요

1962년 Holonyak이 처음 개발하여 전자회로 부품으로 사용되던 LED(Light Emitting Diode)는 반도체 기술의 발전으로 1960년대 말부터 실용화되기 시작하였다. LED는 화합물 반도체 단자에 전류를 흘려서 p-n접합 부근 혹은 활성층에서 전자와 홀의 결합에 의해 빛을 방출하는 소자로 고효율 친환경 광원이다. LED의 전력소비량은 전구의 1/20~1/50 정도로 낮아서 에너지 절감을 도모할 수 있으며 수명도 타 광원에 비해 현저히 길어서 폭넓게 사용되어지고 있다. 특히 Full-color 구현이 가능해지고 차후 제품의 가격도 낮아질 것으로 예상되어 LED의 활용성이 급속히 높아질 전망이다.

(1) LED의 발전

- 1962년 Holonyak이 GaAsP 적색 LED(light emitting diode)를 처음 개발
- 1993년 말 가시광선 LED 중 가장 구현하기 힘든 고휘도 청색 GaN LED가 일본 니치아 화학의 나카무라에 의해 구현
- 1996년 청색 LED에 YAG 형광체를 결합하여 만든 백색 LED 개발

(2) LED의 장점

- LED를 이용한 반도체 조명이 새롭게 부각되고 있는 이유는 고휘도 백색 LED 성능 지수가 실험실 수준이긴 하나 100 lm/W로 이미 백열전구, 할로겐 램프수준을 완전히 넘었고, 일반 형광등 수준에 비해 높은 성능
- 기존의 조명기기보다 저 전력소비, 10만 시간의 장수명, 그리고 뛰어난 내구성과 견고성, 나아가서는 다양한 집적화 및 정교한 디자인이 가능
- 수은을 사용하지 않는 친환경적 특성으로 인한 차세대 조명 광원으로서, 2006년 7월 1일부터 EU의 RoHS에 의해 수은등 6개의 중금속을 포함한 물질의 수입이 규제되며, 2011년 7월 1일부터는 형광등과 같이 수은이 들어가는 광원의 사용을 규제하기로 잠정 협의
- 차후, 2020년까지 반도체 LED 조명이 대체 광원으로 50%정도가 대체된다면 세계 총 소비전력의 25% 정도가 절약될 것으로 예상

2. LED의 시장 및 기술 동향

연구에 앞서 현재 국내 및 국외의 LED에 대한 기술적 수준 및 시장의 규모 등에 대한 현 실태를 파악한 후 그에 적합한 연구가 이루어져야 하므로 LED 소자에 대한 기술 및 시장의 동향을 살펴보았다. 조사 방법은 연구문헌 고찰 및 LED 제조사의 기술 자료 검토 등의 방법을 거쳐 조사하였다.

LED는 100년 이상 정체된 조명기술에 일대 혁명을 가져올 것이라는 전문가의 예상대로, 발명된 이 후로 수많은 분야에 적용되어지고 연구·개발되어 현재 급속도의 발전을 이루어가고 있다. 세계적인 시장조사업체인 스트래티지스 언리미티드(Strategies Unlimited)에 따르면, 2004년 세계 고휘도 LED 시장은 약 36억 달러의 수준에 그쳤지만 2007년 백색 LED의 상용화가 시작하면서 아래의 그림 8과 같이 2007년에 50억 달러에서 2010년 150억 달러, 2020년 700억 달러에 이를 것으로 전망하고 있다[13].

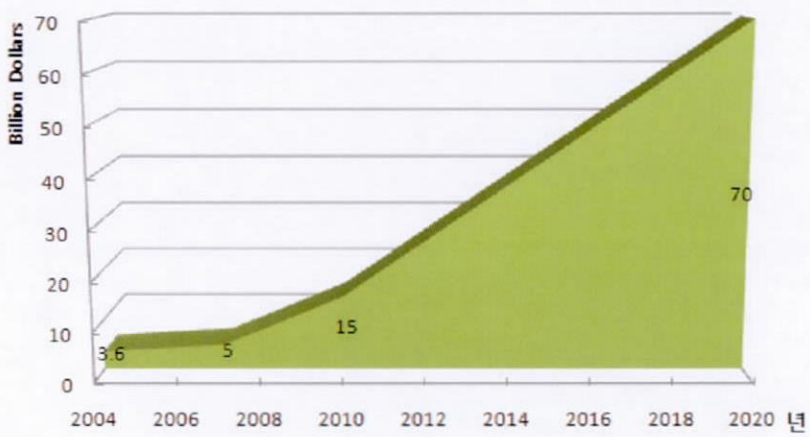


그림 8. 세계 고휘도 LED 시장 전망

국내의 LED 시장도 큰 폭으로 증가할 것으로 예측된다. 한국전자산업진흥회에 따르면 2005년 6,230억원이었던 국내 LED 시장이 2006년에는 8,000억원, 2007년에는 9,600억원으로 불어나고 있는 실정이라고 발표했다.

LED의 응용분야별 점유율은 아래의 그림 9와 같으며, 현재 조명분야는 전체의 4.7%에 불과하다[14]. 그러나 전문가들은 2007년도에 LED가 발광효율과 발광성능 측면에서 형광등을 넘어서고 2012년에는 가격도 형광등보다 낮아져서 전체 조명시장의 10%를 차지할 것으로 보고 있다. 나아가 2025년에는 미국의 일반조명 25%가 LED로 대체될 것으로 전망되고 있다.

13) http://www.kbizweek.com/article/view.asp?vol_no=536&art_no=26244
14) 장우진 외, 고효율 조명기술, 도서출판 아진, 2006. 3

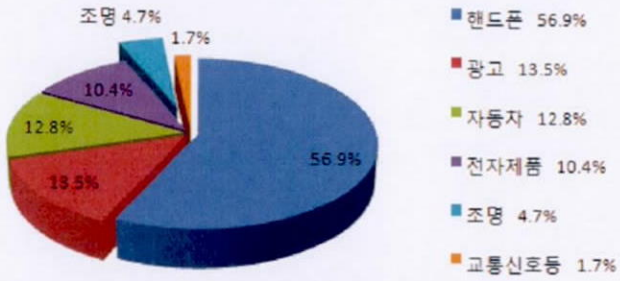


그림 9. LED의 응용분야별 점유율

현재 백색 LED 소자의 세계적 기술 동향은 발광효율 측면에서 일본이 현재 150 lm/W로 가장 앞선 기술력을 가지고 있으며, 형광등의 효율과 거의 유사한 80 lm/W의 효율을 가진 백색 LED 소자를 양산하는 것으로 조사되었다. 국가별 기술 수준 및 개발 현황은 아래의 표 14와 같다.

표 14. 세계 백색 LED 소자의 기술 동향

국가	기술 수준
일본	- 개발 : 150 lm/W / 양산 : 80 lm/W - LED 개발을 위해 5년간 600억원의 사업비 지원
미국	- 개발 : 135 lm/W / 양산 : 70 lm/W - 최종목표를 200 lm/W로, 매년 600억원씩 10년간 LED 개발에 사업비를 투입
한국	- 개발 : 110 lm/W / 양산 : 60 lm/W - 총사업비 중 18억원을 국가에서 지원하여 국책사업으로 추진
중국	- 개발 : 100 lm/W / 양산 : 50 lm/W - 나노연구소가 주관기술개발

전 세계적으로 LED에 관한 연구·개발이 국가적 지원으로 가속화되고 있어 LED 산업 및 기술은 지속적으로 발전할 것이다. 형광물질의 향상과 오염저지제의 개발 및 최적 열 설계에 의하여 형광체 형식의 백색 LED 소자의 발광효율은 아래의 그림 10과 같이 지속적인 발전을 할 것으로 전망된다[15].



그림 10. 백색 LED의 발광효율 동향 및 전망

15) 양배덕, 백색 LED의 최신 개발동향과 금후의 전망, KISTI분석보고서, 2007. 3

3. LED 조명기구의 현황

현재 개발되어진 백색 LED의 특성을 파악하기 위하여 시중에 상용화되고 있는 백색 LED 조명기구를 조사하였다. LED를 생산하는 국내외 주요 업체들을 대상으로 백색 LED 조명기구의 데이터시트를 조사하여 아래의 표 15와 같이 비교하였다.

표 15. 백색 LED 광원의 시제품 조사 및 비교

제조사		전력(W), 전류(mA)	광속(lm)	색온도(K)	연색성(CRI)
국외	N사	300mA	60	6500	
		350mA	52		
		300mA	80	5000	
		300mA	45	4500	
		300mA	70	3500	
		350mA	37		
	L사	350mA	20	3300 (2850~3800)	90
		700mA	130, 145	4100 (3500~4500)	75
		350mA	45	5500 (4500~10000)	70
		700mA	75, 100		
		1500mA	110, 130, 140		
	C사	350mA	80	5000~10000	75
		700mA	136		
		1000mA	176		
		350mA	70	3700~5000	75
		700mA	120		
		350mA	65	2600~3700	80
		700mA	110		
국내	S사	0.5W	25	6500	70
			21	4000	73
			15	3000	80
	L사	1W	45	5500 (4500~10000)	
			43		
			30	3300 (2800~3800)	

초기의 백색 LED 제품은 색온도(CCT, Correlated Color Temperature)가 Daylight와 같은 6500K 정도로 제한적이고 연색지수(CRI, Color Rendering Index)는 80에도 미치지 못하였다. 그러나 현재는 색온도가 3000K 미만(Warm-white)으로도 조절이 가능하게 되었으며, CRI 역시 90이상의 높은 연색지수를 가진 제품이 출시되고 있다.

각 제조사에 따라 차이가 발생하나, 대체로 색온도의 경우 3500K, 4100K, 5500K, 6500K을 기준으로 백색 LED를 생산하는 것으로 나타났다. 그러나 제조방법 상 형광물질의 사용이 불가피하므로 색상간 파장간격에 의하여 정확한 목표 색온도를 갖는 백색 LED의 양산에 어려움이 있다[16]. 따라서 위의 표 2에 나타난 바와 같이 제품마다 부정확한 색온도 범위를 갖게 되는 것으로 사료된다. 또한 색온도가 낮아질수록 광속(lm)도 함께 낮아지는 것을 알 수 있다.

위에서 조사한 백색 LED 시제품의 성능을 평가하기 위하여 일반광원의 성능과 비교하였다. 비교할 일반광원으로 가장 오래되고 많이 사용되는 대표적인 광원인 백열등과 형광등을 선택하고, 'O' 조명기구회사의 제품 카달로그를 참고하여 각각의 성능 및 특성을 조사하였다. 그 결과를 아래의 표 16과 같이 정리하여 백색 LED의 성능과 비교하였다.

표 16. 일반광원과 백색 LED의 성능 비교

구 분	발광효율(lm/W)	광속(lm)	색온도(K)	연색성(CRI)	평균수명(hr)
백열등	10 ~ 15	200 ~ 1000	2000 ~ 2800	100	1,000
형광등	90 ~ 100	1000 ~ 5000	3000 ~ 6500	80 ~ 100	8,000
백색 LED	50 ~ 150 (국외, N사) 40 ~ 80 (국내, S사)	20 ~ 200	2600 ~ 10000	70 ~ 90	40,000 ~ 100,000

백색 LED의 발광효율은 근래 놀라운 성능의 발전을 거쳐 백열등 효율의 10배에 달하며 형광등의 효율과 대등한 수준을 보이고 있다. 하지만 단일 광원으로서 광속을 비교하면 백열등의 1/10 ~ 1/5, 형광등의 1/50 ~ 1/25의 수준에 불과하므로, 단일 광원이 아닌 다수의 LED를 모듈화 한 LED 조명기구

16) 홍창희, 백색 LED의 신기술 동향, 한국전기전자재료학회학술지 제17권 9호, 2004. 9

로 사용되어지고 있다.

색온도의 경우 백색 LED는 2600K에서 10000K에 이르기까지 다양하고 광범위한 색온도의 연출이 가능하므로 백열등과 형광등을 대체할 수 있다. 국외 'C'사의 LED 조명기구의 경우 그림 11과 같이 색온도를 조절할 수 있도록 설계되었는데, 이는 Warm-white 계열의 낮은 색온도 LED 소자와 Daylight-white 계열의 높은 색온도 LED 소자를 함께 사용하여 조광(Dimming)하는 시스템으로 구성되어 있다.

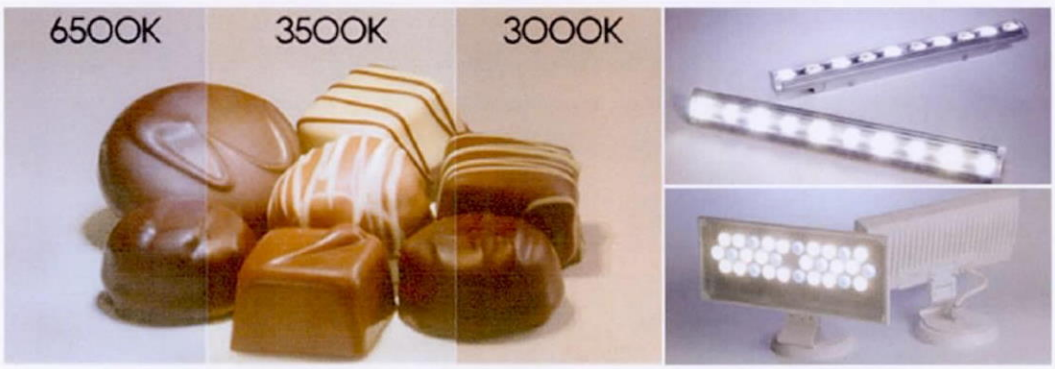


그림 11. 색온도 조절용 백색 LED 조명기구 사례

백색 LED 광원의 연색성은 현재 기술적 한계로 70에서 90으로, 백열등과 형광등에 비해 낮은 수치이다. 그러나 지속적인 연구가 진행 중이므로 수년 후 태양광에 근접한 연색성을 보일 것으로 예상된다.

백색 LED의 수명은 4만 시간에서 10만 시간으로, 백열등의 100배, 형광등의 10배에 이르는 고성능 장수명의 광원이다. 현재 LED 조명기구는 초기투자비의 과다로 인해 상용화되지 않고 있으나, 전문가들은 향후 5년 이내에 형광등보다 가격이 저렴해 질 것을 예상하고 있기 때문에 백색 LED가 백열등 및 형광등을 대체할 차기 광원임이 분명하다.

Ⅳ. LED 조명의 색온도 및 색채 연출에 관한 조사

1. 실험의 개요

백색 LED 조명기구가 연출할 수 있는 색온도는 3000K에서 10000K까지 다양하다. 이처럼 다양한 백색 LED 조명기구의 색온도를 공간에 적합하게 연출하기 위해 일반적인 조명기구의 색온도에 대한 조사를 실시하였다. 색온도에 대한 조사는 임상시험과 설문조사의 두 가지 방식으로 실시하였다. 임상시험의 경우 색온도에 대한 선호도를 조사하고 색온도에 따른 작업능률 및 집중도, 피로도 등의 인체에 미치는 영향에 대해 조사하였으며, 설문조사를 통하여 색온도의 선호도를 조사하고 공간의 목적 및 공간에서 이뤄지는 행위에 적합한 색온도를 조사하였다.

앞의 색온도에 대한 조사가 1차년도에 계획된 연구 내용이며 2차년도에 연구할 것으로 계획하였던 R.G.B LED 조명기구의 색채 연출에 대한 조사를 일부 실시하였다. R.G.B LED 조명기구의 경우 수많은 색채를 연출할 수 있는 장점이 있으나 지금까지 조명의 색채 연출에 관한 연구가 이루어지지 않아서 조명연출 시에 무분별하고 계획되어지지 않은 색채가 남용되고 있는 실정이다. 따라서 R.G.B LED 조명기구의 색채 연출을 이용하여 임상시험을 실시하고 조명기구의 색채에 대한 선호도를 조사하여 일반적인 색채의 선호도와 비교하였다. 또한 각 색채별 연상이미지를 조사하여 조명연출 시 공간의 목적에 적합한 색채를 연출할 수 있도록 조사하였다. LED 조명기구의 경우 단색이 아닌 다양한 색채의 연출이 가능하므로 색채의 변화에 대한 연상이미지를 조사하였고 색채 변화 패턴 및 속도에 대한 연상이미지도 조사하여 조명 계획 시 색채 연출에 참고할 수 있는 기초 데이터 수립을 위하여 임상시험을 실시하였다.

2. LED 조명의 색온도에 관한 실험

가. LED 조명의 색온도에 관한 조사 개요

색온도는 사용자의 심리 및 생리에 큰 영향을 미치는 조명요소로서, 조명기구의 색온도 선정 시 공간 또는 사용자의 특성 및 행위에 따라 적합하도록 구분하여야한다. 따라서 공간 또는 사용자에 따라 선호되어지는 색온도를 조

사하여 적합한 색온도 제시를 목적으로 한다. 색온도 조사의 대상 공간은 앞의 이론적 고찰에서 선정한 사무공간의 '사무실'과 주거공간의 '거실'과 '침실'의 3공간으로 선정하였다. 설문조사는 실험실을 통한 임상시험과 설문조사를 실시하였다.

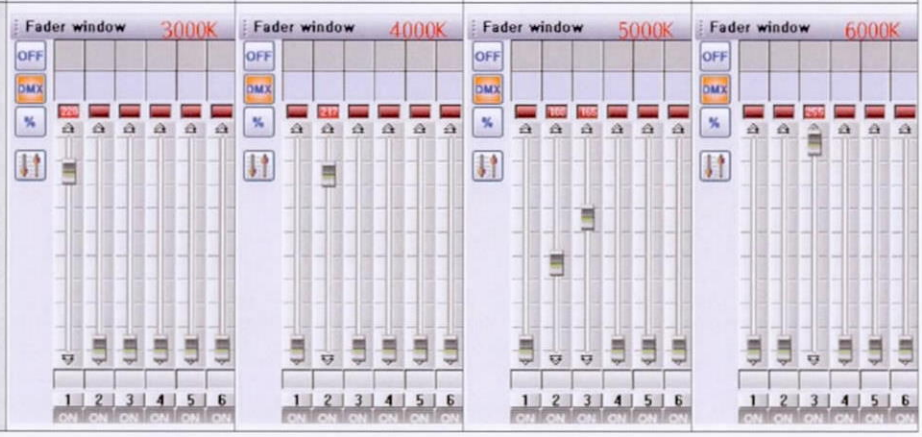
1) 임상시험

임상시험은 사무실에서의 색온도 조사를 위해 다음의 표 21과 같은 조건으로 실시하였다. 임상시험에 사용된 조명기구는 온백색(3000K), 냉백색(4000K), 주광색(6000K)의 세 가지 타입의 색온도 형광등을 조합한 것으로, 랩탑 컴퓨터의 소프트웨어를 이용하여 각 광원에 따라 0부터 255까지 256단계로 밝기의 조절이 가능한 조명 시스템이다. 임상시험을 위한 색온도는 다음의 표 22와 같이 3000K(온백색), 4000K(냉백색), 5000K(주백색), 6000K(주광색)의 4단계로 설정하였다.

표 21. 임상시험의 개요

<table>
<tr><td>기 간</td><td colspan="3">2007년 4월 20일 ~ 2007년 6월 8일</td></tr>
<tr><td>시험장소</td><td colspan="3">S대학교 연구실 - 사무실</td></tr>
<tr><td>연구대상</td><td colspan="3">S대학교 건축공학과 대학원 연구원 및 학부생(남21, 여17)</td></tr>
<tr><td>조사방법</td><td colspan="3">비확률표본 추출법 중 할당표본추출에 의한 표준화 면접조사</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시험기구</td><td colspan="3">색온도 조절 조명기구(3000K ~ 6000K) - T5 28W(X 3EA)</td></tr>
<tr><td> 
<조명기구></td><td> 
<컨트롤러></td><td> 
<랩탑 컴퓨터></td></tr>
<tr><td rowspan="2">측정장비</td><td> 
Minolta T-10</td><td> 
Minolta CL-200</td><td> 
Canon EOS 400D</td></tr>
</table>

표 22. 임상시험을 위한 색온도 환경 설정

구 분	SCENE 1	SCENE 2	SCENE 3	SCENE 4
목표 색온도	3000K	4000K	5000K	6000K
측정 색온도	3144K	4063K	5013K	5830K
작업면 조도	183.5 lx	183.0 lx	182.8 lx	183.3 lx
시스템 설정				

2) 설문조사

설문조사는 사무공간의 '사무실'과 실험실 설문이 어려운 주거공간의 '거실'과 '침실'에서의 색온도 조사를 목적으로 실시하였다. 또한, 임상시험의 경우 다수의 표본 확보가 어렵기 때문에 설문조사에서 사무공간의 '사무실'에 대한 설문도 실시하였다. 조사 대상의 분석은 다음과 같다.

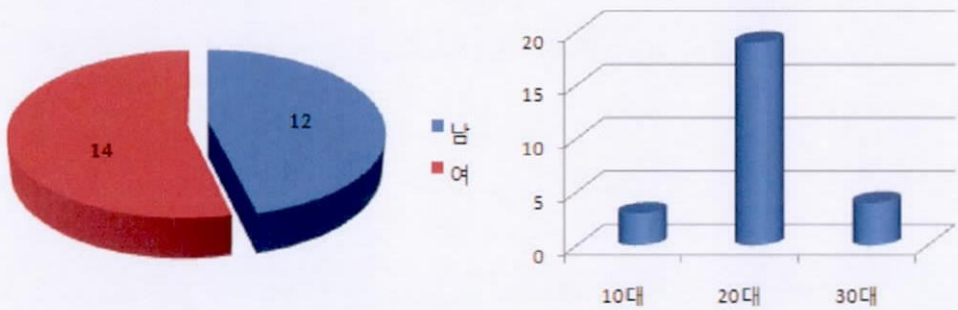


그림 19. 설문조사자의 남녀 성비율과 연령대별 구분

본 설문조사를 위해 S대학교 연구실과 S사 R아파트의 모델하우스에 색온도가 다른 동일한 규격의 조명기구를 교체하며 촬영한 것이다. 사용된 조명기구는 유사한 광속을 가지며 실제 설치 후 조도 측정 결과 거의 유사한 조도로 측정되었다. 각 색온도에 따른 Scene 연출을 디지털 카메라(Canon EOS 400D)로 촬영하였다. 다음의 표 23은 촬영 조건 및 측정 색온도와 조도이며 그림 20은 설문조사에 사용된 촬영사진이다.

표 23. 촬영 조건 및 측정 색온도와 조도

공간	촬영 장비	촬영 조건	측정된 색온도 및 조도(K/lx)			
			3000K	4000K	5000K	6000K
사무실	Canon EOS 400D	셔터:10, 조리개:5.6	2916K (586 lx)	4882K (585lx)	4450K (580 lx)	6030K (553 lx)
거실		셔터:5, 조리개:5.6	2667K (1322 lx)	3790K (1295 lx)	4600K (1315 lx)	5638K (1292 lx)
침실		셔터:5, 조리개:5.6	2642K (729 lx)	3662K (750 lx)	4150K (777 lx)	5253K (745 lx)



그림 20. 설문조사를 위한 공간별 색온도 변화 촬영 사진

위의 이미지들을 통하여 색온도의 선호도 및 각 공간에 적합한 색온도를 조사하였다. 또한 동일한 조도의 환경에서 색온도에 따라 가장 밝은 조명과 어두운 조명을 조사하였으며, 다음의 표 24와 같이 거실과 침실에서 일어나는 행위에 따라 적합한 색온도를 7점 스케일로 조사하였다.

표 24. 거실 및 침실의 행위별 적합도 조사 양식

거실에서의 행위	부적합하다			보통			적합하다	침실에서의 행위	부적합하다			보통			적합하다
	-3	-2	-1	0	1	2	3		-3	-2	-1	0	1	2	3
가족 단란								취침							
손님 접대								독서							
식사								탈착의							
휴식								휴식							
TV 시청								TV 시청							
취미생활								취미생활							
가사작업								가사작업							

나. 색온도에 대한 임상시험

다음의 그림 21은 색온도의 선호도 및 동일한 밝기에서의 색온도별 밝기에 대한 조사의 결과이다.

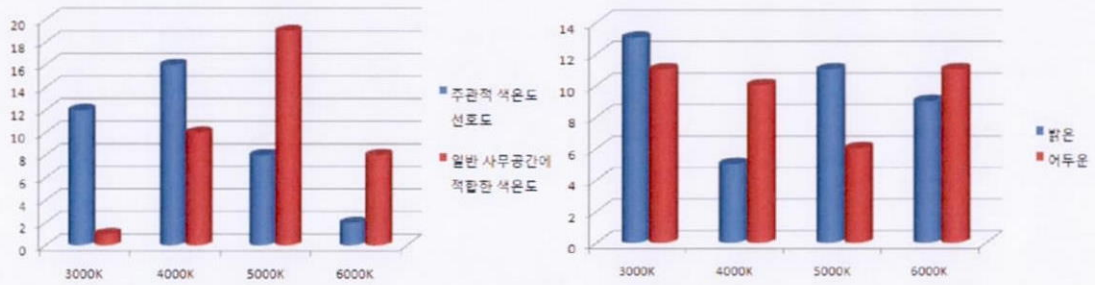


그림 21. 색온도에 대한 일반적인 색온도 및 밝기 조사

- 색온도의 선호도의 경우 4000K인 냉백색의 조명환경을 대부분이 선호하였으며, 3000K와 5000K의 색온도도 다수 선호
- 일반적인 사무공간에 적합한 색온도는 대부분의 응답자가 5000K인 주백색의 조명환경이라고 응답
- 밝기에 대한 의견은 다양하였으나 3000K의 온백색 조명환경에서 가장 밝게 느꼈다고 다수 선택

실험실에 설치한 색온도 조절 시스템을 사용하여 아래 그림 22의 오류수정작업을 각 색온도별로 실시하였다. 오류수정작업은 세 자리 이하의 정수로 되어있는 두 표를 비교하여 총 10개의 오류 중 1분 동안 찾아내는 오류의 개수를 평균화하여 작업능률을 평가하는 것이다. 다음의 그림 23과 같이 각 색온도에 따라 오류수정작업의 수행정도를 평가하여 작업능률을 정리하였다.

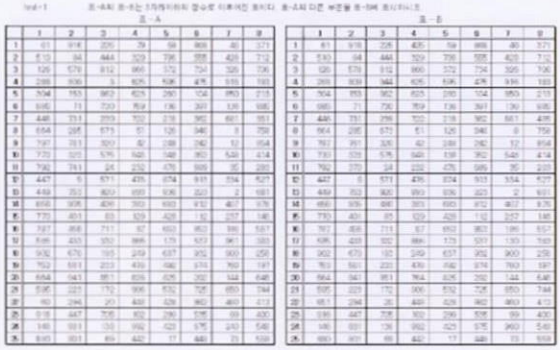


그림 22. 오류수정작업 비교표

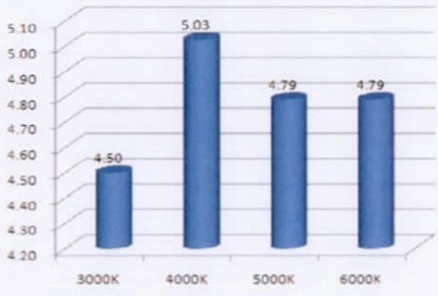


그림 23. 색온도별 작업수행 결과

- 3000K의 색온도에서 작업능률이 가장 낮고 4000K의 색온도에서 작업능률이 가장 높은 것으로 평가
- 5000K과 6000K에서 모두 비교적 높은 작업성과를 보였다.

오류수정작업을 실행한 후 각 색온도에 따라 조명환경주관평가를 실행하였다. 조명환경주관평가는 아래의 표 25와 같이 11항목으로 되어있으며 안락도, 집중도, 피로도 등에 대한 항목을 조사하였다. 그 결과는 다음 표 26, 그림 24와 같다.

표 25. 조명환경주관평가 양식

구 분	전혀 그렇지않다						매우 그렇다
	-3	-2	-1	0	1	2	3
편안한 기분이다							
활기차다							
집중이 잘된다							
긴장된다							
생각이 무디다							
일하기 싫다							
졸린다							
지루하다							
문자가 흐리게 보인다							
눈감는시간이길어진다							
눈이 피로하다							

표 26. 조명환경주관평가 결과표

구 분	3000K	4000K	5000K	6000K
편안한 기분이다	1.2	0.8	-0.6	-0.6
활기차다	-0.9	0.1	0.5	0.4
집중이 잘된다	0.0	0.3	0.2	0.1
긴장된다	-1.6	-0.7	0.2	0.1
생각이 무디다	0.2	-0.6	-0.4	-0.7
일하기 싫다	0.8	-0.1	-0.5	-0.5
졸린다	1.1	0.0	-0.9	-1.0
지루하다	0.8	-0.2	-0.8	-0.7
문자가 흐리게 보인다	0.0	0.0	-0.6	-0.7
눈감는시간이길어진다	-0.1	-0.1	-0.4	-0.6
눈이 피로하다	-0.2	-0.1	0.5	-0.6

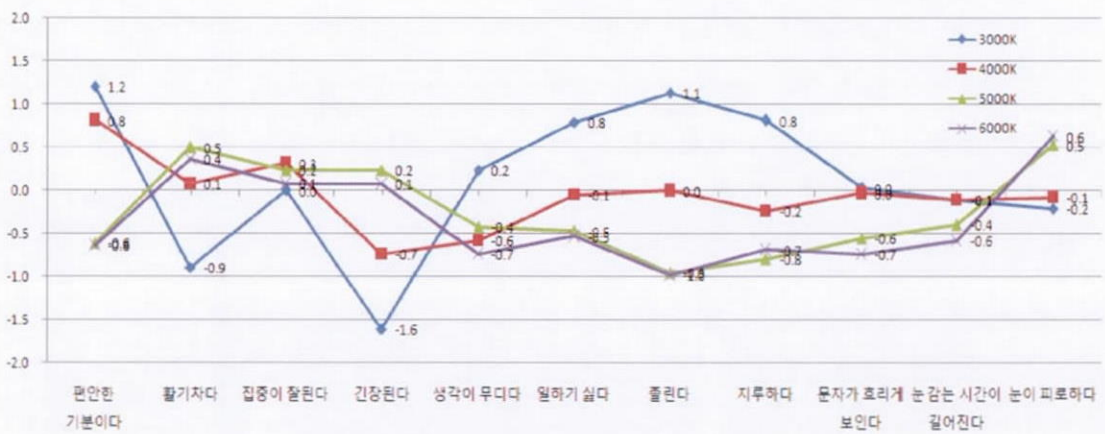


그림 24. 조명환경주관평가 결과 그래프

위의 조명환경주관평가를 사무공간에 적용하기 위해 사무공간에서 이루어지는 행위로 크게 '사무활동'과 '휴식활동'으로 나누어 정리하였다. 각 행위별 평가요소는 다음 표 27, 28과 같이 정리하였다.

표 27. 사무활동에 대한 행위별 평가요소

구 분	3000K	4000K	5000K	6000K
집중이 잘된다	0.0	0.3	0.2	0.1
생각이 무디다	0.2	-0.6	-0.4	-0.7
일하기 싫다	0.8	-0.1	-0.5	-0.5
지루하다	0.8	-0.2	-0.8	-0.7
문자가 흐리게 보인다	0.0	0.0	-0.6	-0.7
눈이 피로하다	-0.2	-0.1	0.5	-0.6

표 28. 휴식활동에 대한 행위별 평가요소

구 분	3000K	4000K	5000K	6000K
편안한 기분이다	1.2	0.8	-0.6	-0.6
활기차다	-0.9	0.1	0.5	0.4
긴장된다	-1.6	-0.7	0.2	0.1
졸린다	1.1	0.0	-0.9	-1.0
눈감는시간이길어진다	-0.1	-0.1	-0.4	-0.6

(1) 사무활동

사무활동에 대한 평가요소는 집중도 및 피로도에 대한 요소로 구성되어 있다. 조사된 결과는 다음의 그림 25와 같다.

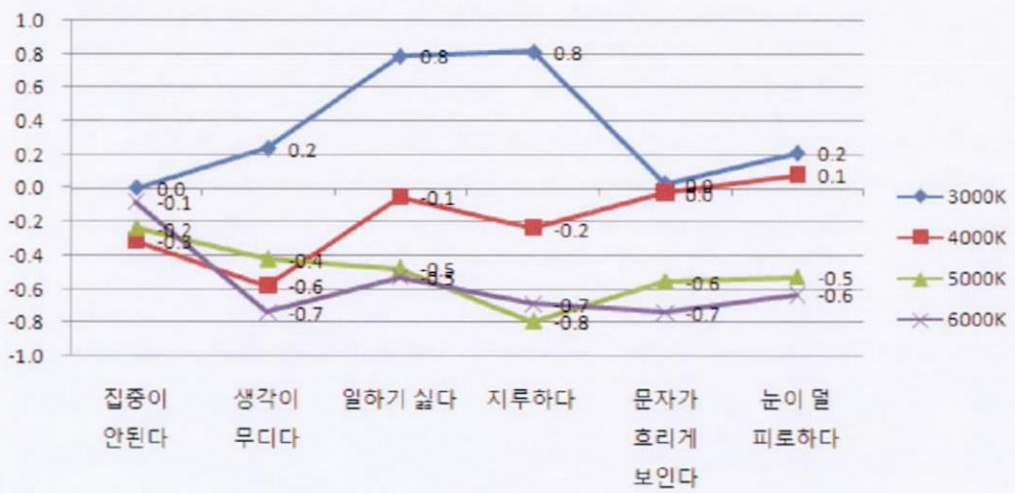


그림 25. 사무활동에 대한 행위별 평가결과

- 집중이 가장 잘 되는 색온도는 4000K로 조사되었고 가장 집중도가 낮은 색온도는 3000K으로 조사
- 3000K에서 가장 생각이 무딘 것으로 조사되었고 6000K에서 가장 생각이 명확한 것으로 조사되었다.
- 색온도가 낮을수록 일하기 싫다고 조사되었으며 지루하다고 조사
- 색온도가 높을수록 시각적 피로도가 높은 것으로 조사

=> 따라서 사무활동에 적합한 색온도는 집중도가 높은 6000K의 색온도로 조사되었으나, 높은 색온도일수록 시각적 피로도가 증가하는 것으로 조사

(2) 휴식활동

휴식활동에 대한 평가요소는 심리적 안정도 및 긴장도에 대한 요소로 구성되었다. 조사된 결과는 다음 그림 26과 같다.

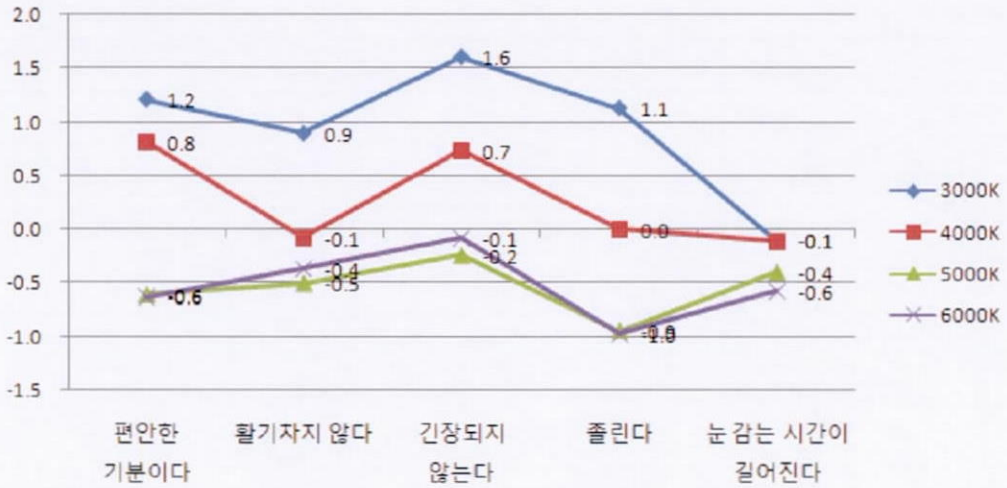


그림 26. 휴식활동에 대한 행위별 평가결과

- 낮은 색온도일수록 편안한 기분을 느낄 수 있으며 졸리는 정도가 높은 것으로 조사
- 높은 색온도일수록 활기차고 긴장도가 높아지는 것으로 조사

=> 따라서 휴식활동에 적합한 색온도는 심리적 안정도가 높고 편안한 느낌을 주는 3000K의 낮은 색온도로 조사

다 색온도에 대한 설문 조사

(1) 사무실

설문조사의 첫 번째 문항은 제시한 사무실의 색온도 연출 사진들 중 자신이 선호하는 색온도와 일반적인 사무공간에 적합하다고 생각되는 색온도를 선택하는 것이다.

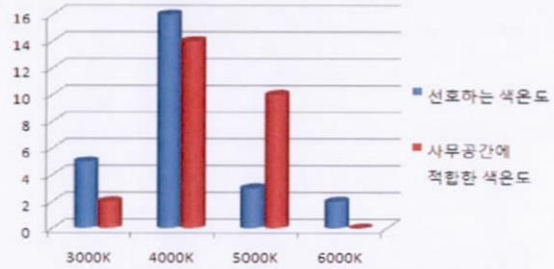


그림 27. 사무실의 색온도에 대한 선호도 조사

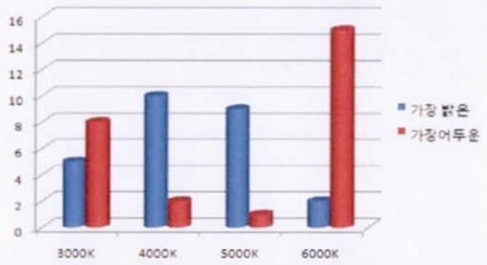


그림 28. 사무실의 색온도별 밝기 조사

- 가장 선호하는 색온도와 일반적인 사무실의 적정 색온도 모두 4000K로 조사
- 5000K의 주백색 색온도도 사무공간에 적합하다고 다수 응답
- 4000K과 5000K의 색온도가 가장 밝은 느낌으로 조사
- 6000K의 색온도가 가장 어두운 느낌으로 조사

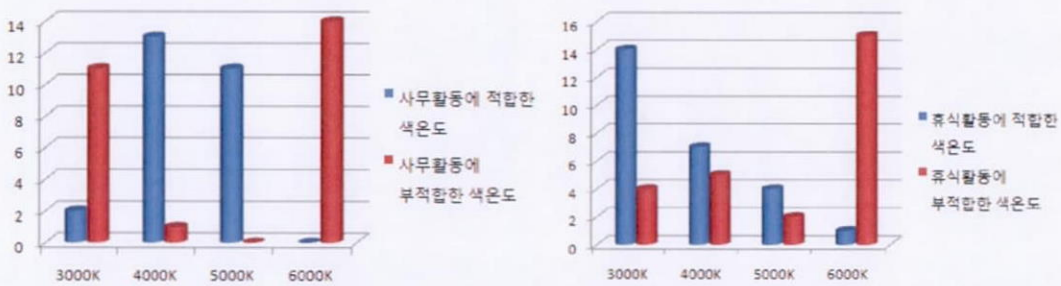


그림 29. 사무활동 및 휴식활동에 적합한 색온도 조사

- 사무활동에 가장 적합한 색온도는 4000K과 5000K이 적합하다고 조사
- 휴식활동에 가장 적합한 색온도는 3000K로 조사

=> 실험실 설문의 결과 4000K에서 작업효율이 가장 좋은 것으로 조사된 바와 동일하게 4000K의 색온도가 사무활동에 가장 적합한 것으로 조사되었으며, 실험실 설문과 페이퍼 설문 모두에서 3000K의 색온도가 휴식활동에 가장 적합한 것으로 조사

(2) 거실

다음은 제시한 거실의 색온도 연출 사진 중 자신이 선호하는 색온도와 일반적인 거실에 적합하다고 생각되는 색온도를 조사한 것이다.

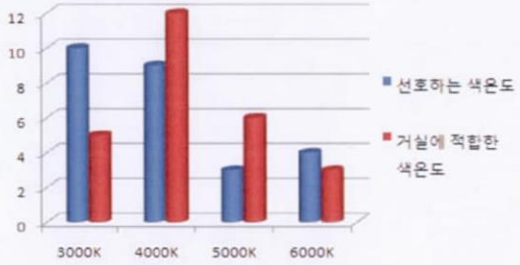


그림 30. 거실의 색온도에 대한 선호도 조사

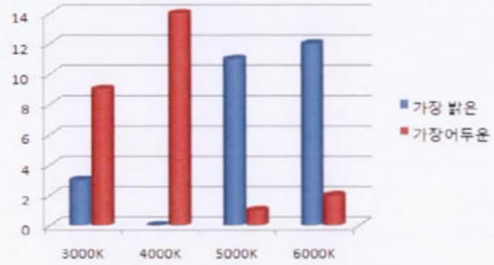


그림 31. 거실의 색온도별 밝기 조사

- 거실에서 선호하는 색온도는 3000K과 4000K의 낮은 색온도로 조사
- 일반적인 거실에 적합한 색온도는 4000K으로 조사
- 5000K와 6000K의 높은 색온도가 밝은 느낌으로 조사되었으며 그 중 6000K가 가장 밝은 느낌으로 조사
- 3000K와 4000K의 낮은 색온도가 어두운 느낌으로 조사되었으며 그 중 4000K가 가장 어두운 느낌으로 조사

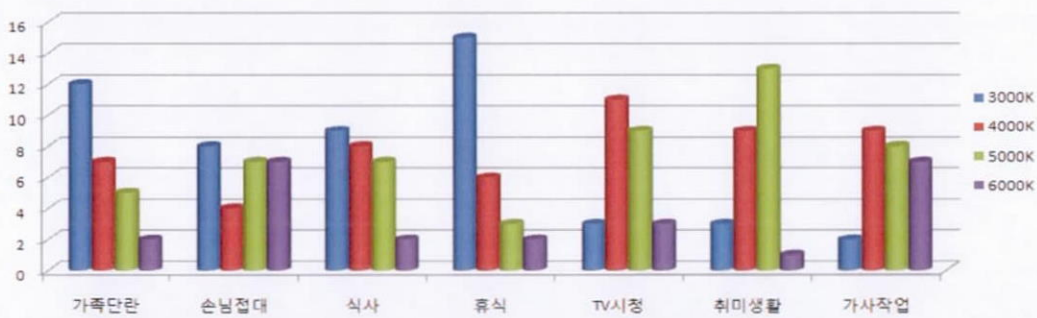


그림 32. 거실에서의 행위별 적합한 색온도 조사

- 가족단란의 경우 3000K의 낮은 색온도가 가장 적합하다고 조사
- 손님접대의 경우 분산되어 조사되었으며 그 중에 3000K이 적합하다고 응답
- 식사활동의 경우 3000K의 낮은 색온도가 적합한 것으로 조사
- 휴식활동에서는 3000K의 색온도가 적합하다고 조사
- TV시청의 경우 4000K의 색온도가 적합한 것으로 조사
- 취미생활의 경우 5000K의 색온도가 적합하다고 조사
- 가사작업의 경우 대체로 높은 색온도가 적합한 것으로 조사

(3) 침실

다음은 제시한 거실의 색온도 연출 사진 중 자신이 선호하는 색온도와 일반적인 침실에 적합하다고 생각되는 색온도를 조사한 것이다.

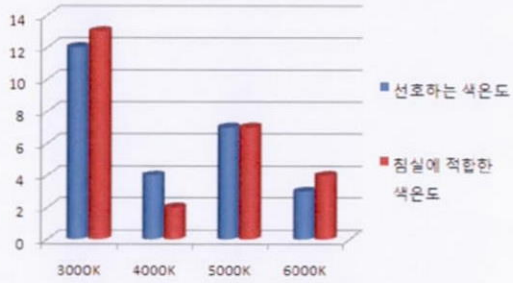


그림 33. 침실의 색온도에 대한 선호도 조사

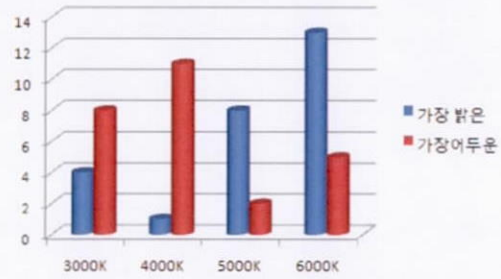


그림 34. 거실의 색온도별 밝기 조사

- 선호하는 색온도는 3000K로 조사되었으며 침실에 적합한 색온도도 3000K이 가장 적합한 것으로 조사
- 가장 밝은 색온도는 6000K으로 조사되었고 3000K과 4000K의 낮은 색온도가 비교적 어두워 보이는 것으로 조사

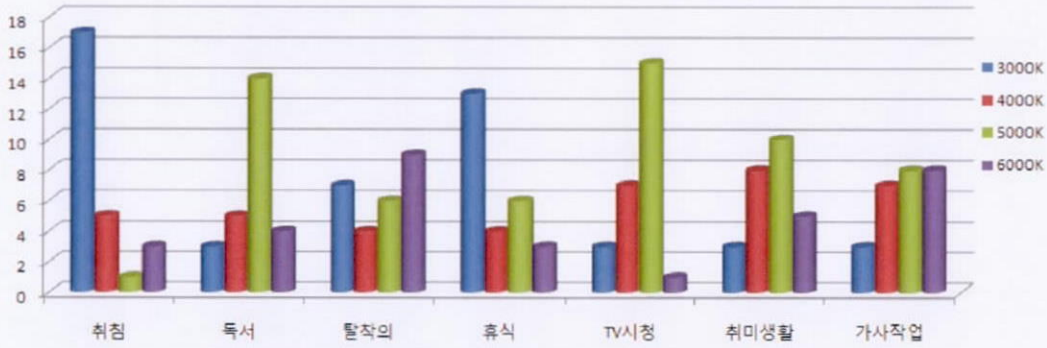


그림 35. 침실에서의 행위별 적합한 색온도 조사

- 취침의 경우 3000K의 낮은 색온도가 가장 적합하다고 조사
- 독서의 경우 5000K의 색온도가 가장 적합한 것으로 조사
- 탈착의의 경우 6000K의 색온도가 가장 적합한 것으로 다수가 응답
- 휴식활동에서는 3000K의 색온도가 적합하다고 조사
- TV시청의 경우 5000K의 색온도가 적합한 것으로 조사
- 취미생활의 경우 5000K의 색온도가 가장 적합한 것으로 다수가 응답
- 가사작업의 경우 대체로 높은 5000K와 6000K의 색온도가 적합한 것으로 조사

3. LED 조명의 색채 연출에 관한 실험

가. LED 조명의 색채 연출에 관한 조사 개요

LED 조명기구는 R, G, B LED를 통하여 원색부터 백색에 이르기까지 다양한 색상을 연출할 수 있다. 본 절에서는 RGB LED 조명기구가 연출하는 색상에 대한 선호도를 조사하여 LED 조명기구에 의해 연출되어지는 색채에 대한 선호도 및 색채변환, 패턴 변화 등의 조명연출에 대한 선호도를 조사하였다.

LED 조명기구의 색상에 관한 임상시험은 다음의 표 17과 같은 조건하에 실시되었다. 다음 표 18는 순색의 RGB data와 LED 조명기구가 나타내는 색상의 RGB data를 비교한 것이다.

표 17. 설문조사의 개요

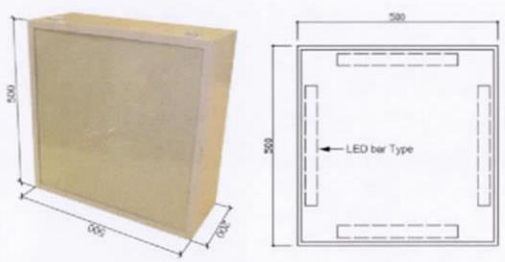
기간	2006년 9월 19일 ~ 2006년 9월 21일	RGB LED 조명 기구	
연구 대상	S대학교 건축공학부 1학년 28명 (남14, 여14)		
조사 방법	비확률표본 추출법 중 할당표본 추출에 의한 표준화 면접조사		

표 18. 7가지 색채의 RGB data 비교

구분	RED	GREEN	BLUE	CYAN	MAGENTA	YELLOW	WHITE
순색 RGB data							
	R: 255 G: 0 B: 0	0 255 0	0 0 255	0 255 255	255 0 255	255 255 0	255 255 255
LED 조명기구의 RGB data							
	R: 202 G: 8 B: 20	1 191 76	0 106 252	1 164 220	201 67 235	164 135 90	159 142 187

나. 색채의 선정 및 선호도 조사

색채의 선정은 원색 RED, BLUE, GREEN의 3가지 색과 각각의 1차 혼합색인 CYAN, MAGENTA, YELLOW, 그리고 삼원색의 혼합인 WHITE로 총 7가지 색채를 선정하여 설문하였다. 색채에 대한 선호도는 남·여를 구분하여 설문하였으며 그 결과는 아래의 그림 12와 같다.

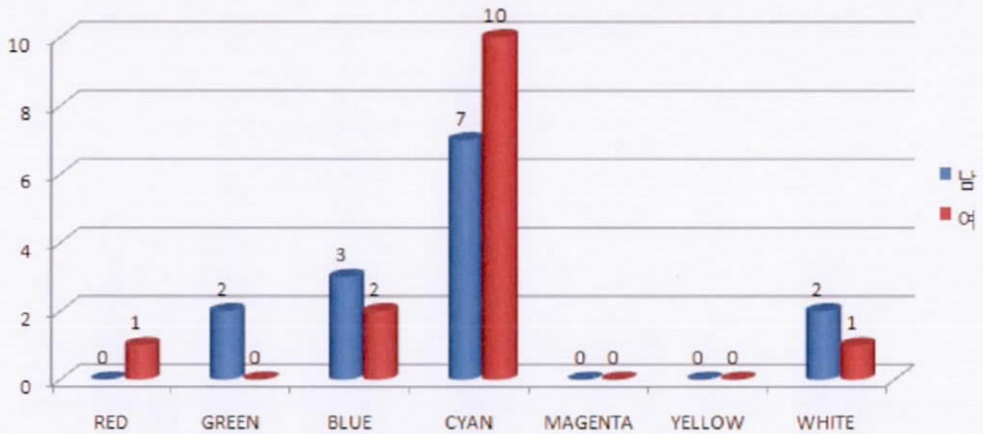


그림 12. 색채별 남녀 선호도

7가지 색채에 대한 선호도는 남녀 모두 비슷한 결과로 Cyan, Blue, White 순으로 집계되었다. 그리고 Magenta와 Yellow의 경우 가장 선호도가 낮은 것으로 나타났다. 따라서 LED 조명기구 빛의 색채 선호도를 조사한 결과 Cyan과 Blue와 같은 Blue 계열의 색채가 선호된다는 사실을 알 수 있다.

그림 12의 결과를 앞의 이론적 고찰에서 언급한 표 1의 일반적인 색채의 선호도와 비교하면 다음과 같다.

- LED 조명기구의 Blue의 경우 Cyan을 제외하면 남성 21%, 여성 14%로 남녀 모두 가장 높은 선호도로 조사
- 표 17의 경우 45%가 Blue 색채를 선호하였으나, 그림 12의 경우 Cyan을 포함한 Blue 계열의 선호도가 78%(Cyan : 60%, Blue : 18%)로 선호도 상승
- White의 경우 설문에서는 피험자의 11%가 선호하는 LED 조명기구 빛의 색채로 선택하였는데, 이는 표 17의 결과(2%)에 비해 상당히 높은 선호도로 조사

=> 따라서 LED 조명기구 빛의 색채에서는 Blue계열과 White가 일반적인 색채와 비교하여 높은 선호도를 보이는 반면, Green, Red와 Yellow는 비교적 낮은 선호도를 보이는 것을 알 수 있다.

다. 순색과 LED 색채의 이미지 스케일 비교

색채 이미지에 대한 설문조사는 각각의 7가지 LED 조명기구의 색채를 보여주고 그에 대한 이미지를 7점 스케일을 사용하여 실시하였고 그 결과를 남녀와 전체로 구분하여 분석하였다. 그림 13은 7점 스케일이고 그림 14는 '동적인'과 '부드러운'을 0점으로 '정적인'과 '딱딱한'을 7점으로 집계한 것이다.

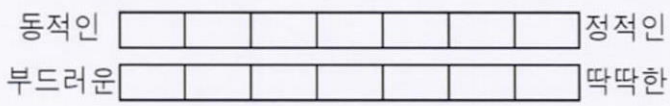


그림 13. 색채 이미지 7점 스케일

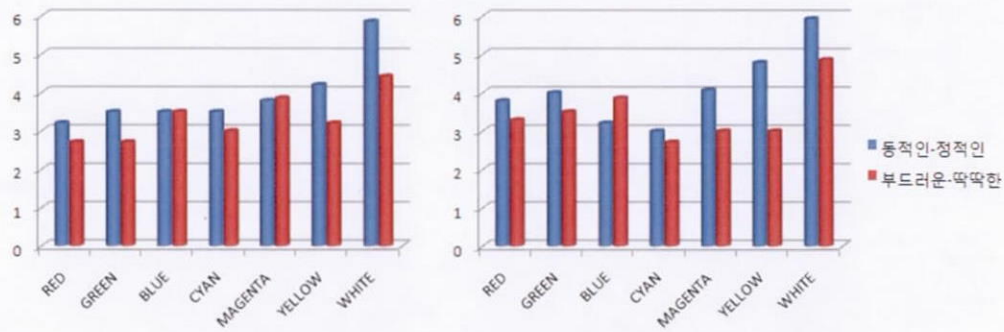


그림 14. 7가지 색채 이미지에 대한 7점 스케일

- 남녀 성별에 따른 차이 거의 없고, 색채 전반적으로 중립적인 의견 다수
- 남성의 경우 Red를, 여성의 경우 Cyan을 가장 동적이며 부드러운 색채로 선택
- 전체적으로 Cyan을 가장 동적이며 부드러운 색채로 선택
- 남녀 모두가 White를 가장 정적이고 딱딱한 이미지로 선택

그러나 문헌고찰에서의 일반적인 순색의 이미지 스케일과 위의 그림 14와 비교하면 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 이는 LED 조명기구 빛의 색채가 일반적인 순색과는 색의 순색의 정도 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 색채 이미지 스케일에서 LED 조명기구의 RGB 데이터와 가장 근접한 색상의 이미지를 선택한 후 설문조사의 결과값과 비교하였다[17]. 아래의 표 19와 그림 15는 그 결과이다.

17) I.R.I 색채연구소, 어떤 색이 좋을까? Color Combination, 영진출판사, 2003.1

표 19. LED색채이미지와 설문조사결과의 비교

구분	LED 색채의 RGB data에 근접한 색채 이미지 (A)		설문조사 결과 (B)		오차 (A - B)	
	동적인 정적인	부드러운 딱딱한	동적인 정적인	부드러운 딱딱한	동적인 정적인	부드러운 딱딱한
RED	1.7	3.8	3.50	3.00	-1.8	0.8
GREEN	2.4	3.3	3.75	3.11	-1.35	0.19
BLUE	3.0	2.6	3.36	3.68	-0.36	-1.08
CYAN	3.8	2.7	3.25	2.86	0.55	-0.16
MAGENTA	3.9	2.8	3.93	3.43	-0.03	-0.63
YELLOW	4.6	2.8	4.50	3.11	0.1	-0.31
WHITE	5.0	3.1	5.89	4.64	-0.89	-1.54

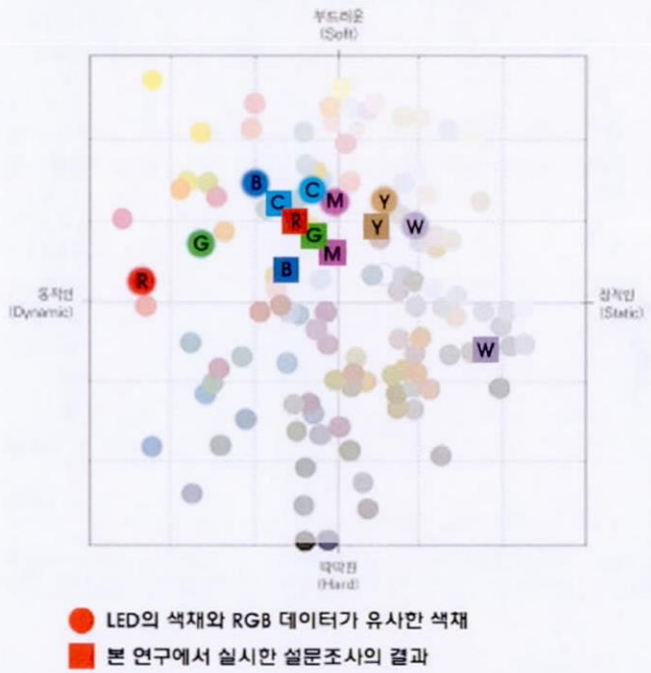


그림 15. LED 색채 이미지와 설문조사 결과의 비교

- 2차 혼합색인 Cyan, Magenta, Yellow에서 유사한 형용사 이미지의 결과
- 빛의 3원색인 Red, Green, Blue와 3차 혼합색인 White의 경우 차이 발생
- Red, Green은 일반적인 색채에 비하여 '정적인'과 '부드러운'의 이미지가 높고 Blue는 '딱딱한'의 이미지가 높은 것으로 조사
- White는 LED 조명기구 색채의 이미지가 일반적인 색채의 이미지에 비해 '정적인'과 '딱딱한'의 이미지가 큰 것으로 조사

라. 색채 변화속도에 따른 선호도

LED 조명기구의 연출 색채의 변화는 0.5회/초 변화의 주기로 Red와 Green, Green과 Blue, Red와 Blue의 반복·변화하는 과정을 피험자에게 보여주고 그에 따른 형용사 이미지를 스케일에 표기하도록 하였다. 다음의 그림 16은 '귀여운', '깨끗한', '온화한' 등의 대표적인 형용사 이미지로 빛의 3원색의 변화를 조사한 결과이다. 빛의 3원색으로 분류한 이유는 빛의 3원색이 변화하는 과정에 2차 혼합색이 나타나기 때문에 대표성을 가진다고 할 수 있다.

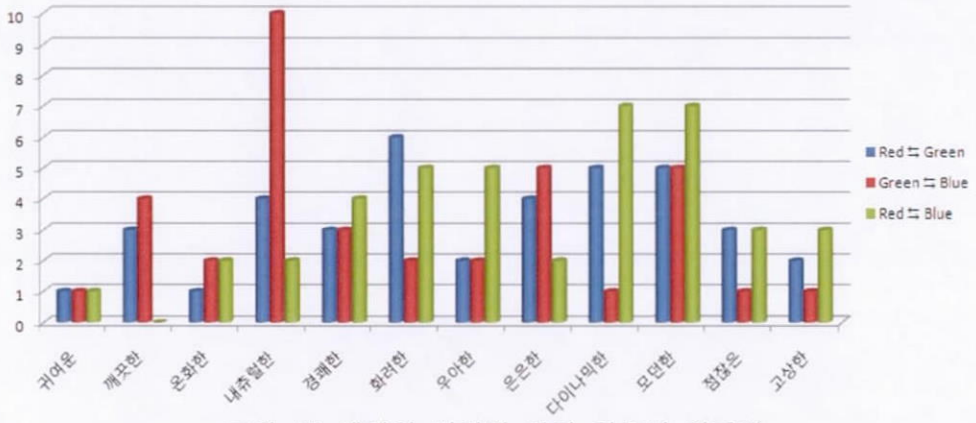


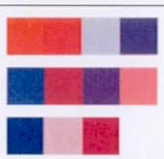
그림 16. 색채의 변화에 대한 형용사 이미지

- Red와 Green의 변화에서는 남녀와 전체 모두 다양한 형용사 이미지가 선택, 그 중 '화려한', '다이나믹한', '모던한'의 형용사 이미지 순으로 조사. 여성의 경우, 남성에 비해 '다이나믹한'의 이미지를 강하게 느끼는 것으로 조사
- Green과 Blue의 경우는 '내츄럴한', '은은한', '모던한'의 형용사 이미지 순으로 조사. 이는 '휴식', '위안'을 의미하는 Green과 '명상', '침착'을 의미하는 Blue 계열의 색채로 구성되었기 때문으로 사료[18)]
- Red와 Blue의 변화에서는 '다이나믹한', '모던한', '화려한', '우아한'의 형용사 이미지가 선택. 그 중 '화려한', '우아한'의 형용사 이미지의 경우 여성이 남성에 비하여 월등히 높은 수치를 보이는데, 이는 '화려한', '우아한'의 형용사 이미지가 여성적인 형용사 이미지로 여성에게서 높게 나타난 것으로 사료

18) 에바 헬러, 색의 유혹, 예담출판사, 2002.6

이와 같은 LED 조명기구 빛의 색채들이 동일한 면적에서 반복·변화하는 과정을 일반적인 색채의 배색과 연관하여 분석하였다. 빛의 삼원색이 반복·변화하면서 중간과정에서 생기는 색채를 기본으로 배색된 색채들의 형용사 이미지 조사하여 본 연구의 설문조사의 결과와 비교하였다[19]. 표 20은 그 결과이다.

표 20. 색채의 배색 형용사 이미지와 설문결과의 비교

구분	색채의 배색 이미지		설문조사 결과
	색채 배색	형용사 이미지	
R ⇄ G		사랑과 평화의 염원 활기 있는 아침 생기발랄하고 활동적인 열대의 - 열대 과일 현대적, 저항력 귀여운, 사랑스러운	화려한 다이나믹한 모던한
G ⇄ B		초록에 둘러싸인 호수 남태평양의 낙원 평화적 조용함 깨끗한 가벼운 경쾌한	내츄럴한 은은한 모던한
R ⇄ B		다이나믹한, 기능적인 약동, 스피드 화려한, 드라마틱한 아름다움, 엘레강스	다이나믹한 모던한 화려한 우아한

- Red와 Green의 변화에서는 '다이나믹한', '모던한'의 이미지
- Green과 Blue의 경우 '내츄럴한', '은은한'의 이미지가 조사
- Red와 Blue의 변화에서는 '다이나믹한', '화려한', '우아한'의 이미지 조사

=> LED 조명기구 빛의 색채들이 동일한 면적에서 반복·변화하는 과정을 일반적인 색채의 배색과 연관 지어 볼 때, 일반적인 색채의 배색 형용사 이미지가 LED 조명기구 빛의 색채 변화의 형용사 이미지와 유사한 분석 결과를 보이므로, LED 조명기구를 이용한 빛의 색채변화는 일반적인 색채의 배색과 연계지어 활용할 수 있다.

19) Kuno Naomi, 컬러 테이스트 배색북, 조형출판사, 2004

마. 패턴 변화에 따른 선호도

LED 조명기구로 연출할 수 있는 패턴의 변화 중 점멸(On/Off)을 이용하는 것을 'Strobe'라 칭한다. 이러한 패턴은 건축물 내·외부에 적용 시 점멸속도가 중요한 요소가 된다. 따라서 LED 조명기구의 점·소등을 1회로, 점멸속도는 초당 4회, 1회, 0.5회의 세 단계로 구분하여 속도에 따른 형용사 이미지를 조사하였다. 속도에 따른 피험자의 형용사 이미지를 조사하기 위하여 색채는 임의(Random)의 색채로 변하도록 설정하였다. 다음의 그림 17은 그 결과이다.

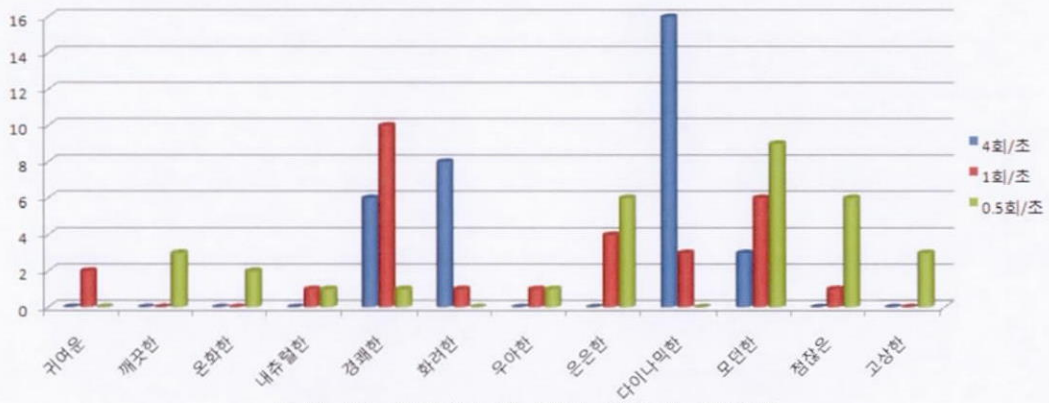


그림 17. 점멸속도에 대한 형용사 이미지

- 초당 4회로 빠른 변화의 경우 '다이나믹한', '화려한', '경쾌한'의 이미지 순으로 조사
- 초당 1회의 경우 '경쾌한', '모던한', '은은한'의 형용사 이미지 순으로 조사
- 초당 0.5회의 느린 변화의 경우는 '모던한', '은은한', '점잖은'의 형용사 이미지 순으로 조사

LED 조명기구는 색채 변화 시 색과 색의 변화과정이 순간적으로 변화하는 'Instant'와 점차적으로 변화하는 'Gradual'의 연출이 가능하고 동시에 변화속도도 조절이 가능하다. 따라서 임의의 색채에 의한 순간적인 색채 변화와 점차적인 색채 변화를 초당 4회, 1회, 0.5회의 세 단계로 구분하고 형용사 이미지를 스케일에 표기하도록 하였다. 다음의 그림 18은 그 결과이다.



그림 18. 색채 변화(Instant, Gradual)의 형용사 이미지

- 4회/초의 빠른 변화에서는 Instant와 Gradual 모두에서 '경쾌한', '다이나믹한', '화려한', '모던한'의 이미지가 연상
- 1회/초의 중간 변화에서는 Instant는 '경쾌한'의 이미지가 높았고, Gradual의 경우는 '내츄럴한'과 '우아한'의 이미지로 조사
- 0.5회/초의 느린 Instant 변화에서는 '점잖은', '우아한', '모던한'의 이미지가, 느린 Gradual 변화에서는 '은은한', '온화한', '점잖은'의 형용사 이미지 순으로 조사

=> 중간 속도와 느린 속도의 변화에서는 순간적(Instant)인 변화와 점차적(Gradual)인 변화에서 조사된 형용사 이미지가 구분되었지만, 빠른 속도의 변화에서는 비슷한 형용사 이미지가 선택된 것을 알 수 있다. 이는 빠른 속도에서는 색채 변화 방식의 차이가 시각적 인지에 큰 영향을 미치지 않기 때문으로 사료된다.

4. 소결

가. LED 조명기구의 색온도에 관한 조사

(1) 임상시험

- 가장 선호하는 색온도는 4000K으로 조사되었으며 일반적인 사무공간에 적합한 색온도는 5000K으로 조사

- 작업능률

	3000K	4000K	5000K	6000K
작업 능률	4.50	5.03	4.79	4.79

=> 조사 결과 4000K의 색온도 환경에서 작업능률이 가장 좋은 것으로 조사되었으며 낮은 3000K의 색온도에서 작업능률이 가장 나쁜 것으로 조사

-사무활동에 가장 적합한 색온도

	집중이 안된다	생각이 무디다	일하기 싫다	지루하다	문자가 흐리게보인다	눈이 덜 피로하다
3000K	0.0	0.2	0.8	0.8	0.0	0.2
4000K	-0.3	-0.6	-0.1	-0.2	0.0	0.1
5000K	-0.2	-0.4	-0.5	-0.8	-0.6	-0.5
6000K	-0.1	-0.7	-0.5	-0.7	-0.7	-0.6

=> 따라서 **사무활동에 적합한 색온도**는 집중도가 높은 **6000K의 색온도로 조사**되었으나, 높은 색온도일수록 시각적 피로도가 증가하는 것으로 조사

- 휴식활동에 가장 적합한 색온도

	편안한 기분이다	활기차지 않다	긴장되지 않는다	졸린다	눈감는 시간이 길어진다
3000K	1.2	0.9	1.6	1.1	-0.1
4000K	0.8	-0.1	0.7	0.0	-0.1
5000K	-0.6	-0.5	-0.2	-0.9	-0.4
6000K	-0.6	-0.4	-0.1	-1.0	-0.6

=> 따라서 **휴식활동에 적합한 색온도**는 심리적 안정도가 높고 편안한 느낌을 주는 **3000K의 낮은 색온도**로 조사

(2) 설문조사

사무실		거실		침실	
선호 색온도	4000K	선호 색온도	3000K	선호 색온도	3000K
사무실 적정 색온도	4000K	거실 적정 색온도	4000K	침실 적정 색온도	3000K
행위	색온도	행위	색온도	행위	색온도
사무활동	4000K 5000K	가족단란	3000K	취침활동	3000K
		손님접대		휴식활동	
		식사활동		독서활동	5000K
		휴식활동		TV 시청	
휴식활동	3000K	TV 시청	4000K	취미생활	
		취미생활	5000K	탈착의	6000K
		가사작업	5000K,6000K	가사작업	5000K,6000K

(3) 비교

조사결과를 비교하면 사무실의 경우 임상시험과 설문조사 모두에서 유사한 결과를 나타낸 것으로 조사되었다. 높은 색온도일수록 사무활동에 적합하나 시각적 피로도 역시 증가하고, 4000K에서 가장 집중도가 높은 것으로 나타나 작업수행 능력이 가장 높은 것으로 조사되었다.

반면 휴식활동에는 긴장도가 가장 낮으며 심리적 안정도가 가장 높은 것으로 조사된 3000K이 적합한 것으로 조사되었다. 이는 거실과 침실에서도 동일한 결과로 조사되었다. 거실의 경우 가족단란 및 휴식활동, 침실의 경우 취침 및 휴식활동에서 3000K의 낮은 색온도가 적합한 것으로 조사되었다. 거실과 침실 모두 가사작업 및 취미생활 등의 활동성이 높은 작업시에는 5000K 또는 6000K의 높은 색온도가 적합한 것으로 조사되었는데, 이는 사무실에서의 사무활동과도 비슷한 행위이므로 유사한 결과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

나. LED 조명기구의 색채연출에 관한 조사

(1) LED 조명기구의 단일 색채

- LED 조명기구 빛의 색채에서는 Blue계열과 White가 일반적인 색채와 비교하여 높은 선호도를 보이는 반면, Green, Red와 Yellow는 비교적 낮은 선호도를 보이는 것으로 조사
- 남성의 경우 Red를, 여성의 경우 Cyan을 가장 동적이며 부드러운 색채로 선택
- 전체적으로 Cyan을 가장 동적이며 부드러운 색채로 선택
- 남녀 모두가 White를 가장 정적이고 딱딱한 이미지로 선택

(2) LED 조명기구 색채연출에 대한 연상이미지

다음의 표 21은 LED 조명기구의 색채연출에 대한 연상이미지를 조사한 것이다.

표 21. 연상 이미지 스케일

구분		연상 이미지
색채변화	R ⇆ G	화려한, 다이나믹한, 모던한
	G ⇆ B	내츄럴한, 은은한, 모던한
	R ⇆ B	다이나믹한, 모던한, 화려한, 우아한
점멸속도	4회/초	다이나믹한, 화려한, 경쾌한
	1회/초	경쾌한, 모던한, 은은한
	0.5회/초	모던한, 은은한, 점잖은
순간적인 색채변화 (Instant)	4회/초	경쾌한, 화려한, 다이나믹한
	1회/초	경쾌한, 내츄럴한, 화려한, 우아한, 은은한, 모던한
	0.5회/초	점잖은, 우아한, 모던한
점차적인 색채변화 (Gradual)	4회/초	경쾌한, 모던한, 다이나믹한
	1회/초	내츄럴한, 우아한
	0.5회/초	온화한, 은은한, 점잖은

다음의 표 22는 LED 조명기구가 연출하는 색채와 일반적인 색채와의 선호도 및 이미지, 배색과의 연계성에 관한 비교 내용이다.

표 22. LED 조명기구 빛의 색채와 일반적인 색채의 비교

구분	연상 이미지
색채의 선호도	Blue 계열의 색채와 White의 선호도가 선행연구에 비해 높게 조사
	Green과 Red의 경우 다소 낮은 선호도로 조사
색채의 이미지	빛의 3원색(Red, Green, Blue)과 3차 혼합색(White)은 일반적인 색채의 이미지에 비해 정적인 이미지가 높게 조사
	Blue와 White는 일반적인 색채의 이미지에 비해 딱딱한 이미지가 높게 조사
	2차 혼합색(Cyan, Magenta, Yellow)은 일반적인 색채의 이미지와 유사
색채변환과 배색의 연계성	R ⇆ G : 다이나믹한, 모던한 이미지 유사
	G ⇆ B : 내츄럴한, 은은한 이미지 유사
	R ⇆ B : 다이나믹한, 화려한, 우아한 이미지 유사

5. 결론

LED 조명기구는 크게 백색 LED 조명기구와 R.G.B LED를 이용한 Full-color 조명기구로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 LED 조명기구의 연출에 대한 조사를 위하여 백색 LED 조명기구의 색온도와 R.G.B LED 조명기구의 색채연출에 대해 임상실험 및 설문조사를 실시하여 공간 및 사용자에 따라 적합한 조명연출을 계획하기 위한 가이드라인을 수립하도록 하였다.

백색 LED 조명기구의 색온도에 대한 조사는 임상시험과 설문조사로 실시되었다. 색온도 기준은 3000K(전구색), 4000K(냉백색), 5000K(주백색), 6000K(주광색)의 4가지로 선정하여 조사하였고, 조사 공간은 사무시설의 사무실과 주거시설의 거실, 침실의 3가지 공간으로 선정하였다. 크게 휴식을 위한 색온도는 3000K의 낮은 색온도가 적합한 것으로 조사되었으며 활동성이 큰 행위를 위한 색온도는 6000K의 높은 색온도가 적합한 것으로 조사되었다. 임상시험을 통하여 작업수행능력을 평가한 결과 4000K에서 가장 작업능률이 높은 것으로 조사되었는데, 이는 색온도별 집중도 조사에서 4000K의 색온도가 가장 집중도가 높은 것으로 조사되었기 때문으로 볼 수 있다.

R.G.B LED 조명기구의 색채연출은 이미지스케일을 통하여 연상이미지를 조사하였다. 색채에 대한 연상이미지는 개인적인 성향에 따라 다양한 연상이미지가 조사되었으나 전체적으로 수렴되어 조사된 연상이미지를 앞의 표 21과 표 22와 같이 정리하였다. 따라서 향후 R.G.B LED 조명기구를 사용하여 조명연출을 계획할 경우 디자이너가 의도하는 색채연출, 또는 공간의 분위기나 목적에 적합한 색채연출을 위하여 앞의 연상이미지 데이터를 참조하여 색채연출을 계획할 수 있을 것이다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

1. 연구성과의 활용방안

본 연구과제의 결과인 감성 LED 조명 시스템은 요즘 각광 받고 있는 Intelligen 빌딩과 Smart Home 등 유비쿼터스 분야에 활용뿐만 아니라 실버주택등과 같은 사회약자를 위한 건물에 사용자에 알맞은 조명환경을 조성할 수 있다. 그리고 감성 조명 및 네트워크 조명의 상용화를 가능하게 하며, ESCO 산업과의 연계를 통한 에너지 절감의 극대화를 꾀할 수 있다.

2. 연구성과의 기대효과

가. 기술적 측면

- 에너지 Saving 효과 : 기존 조명등 대비 30%이상
- 장수명: 60,000 시간 이상의 완전 고체광원
- 광학적: 직접 조명 및 이상광원에 근접성 극대화
- IT 활용 및 응용 도모: DMX 기반의 Dimming 기술 및 Parallel control에 의한 네트워크 제어 (Intelligent 조명시스템 구축)
- 건실한 IT 기반산업에 영향력 있는 차세대 광원의 무한한 잠재적 시장과 기술

나. 사회·경제적 측면

- 신재생 에너지 및 차세대 자원의 기반제공 : 수소 경제체제 전이 및 2차 에너지 활용의 극대화
- RoHS(Restricting the use of Hazardous Substances) 기반의 황산화물 및 Pb, Hg 등에 둔화된 광원시스템 제공: 환경친화형 광원
- 반도체 기반의 New-business 창출 및 국가 경쟁력 강화
- 고품위 및 고품질의 모듈성 광원 개발의 고조: 고부가가치의 광원 제품 제공
- 세계 조명시장의 예상규모(2010년): 1,320억 달러 -> 친환경/고효율 신광원의 수입대체 효과는 약 1.3억 달러, 수출 기대효과는 약 5,000만 달러 예상

3. 연구성과의 기업 활용방안

가. 참여기업의 현황분석

참여기업인 중부전기전자(주)는 06년 LED를 이용한 조명제품의 단일매출로 35억 의매출을 달성 하였으며 경기도 유망중소기업 및 벤처기업 이노비즈기업 등의 인증을 받은 기술력이 인정되는 기업이다. 제품개발연구진들은 10년이상의 조명전문가들로 구성되어져 있고 생산진들은 풍부한 현장경험을 바탕으로 한 기술노하우를 보유하고 있는 기업이다. 앞으로 기술개발에 견인차역활을 하며 미래조명시장의 선두주자의 역할을 할 것으로 기대 된다.

LED제조 업체중 세계적인5대사-필립스.오스람. 니치아.크리. 시티즌 등과에 깊은 우정 및 신뢰 관계를 맺고있는 상황에서 자사 LED를 사용하는 업체에 편의를 제공치 위하여 자체 디자인 및 LED기초 교육을 실시하고 있음.

당사는 필립스에 아시아지원사업부-중국심천에 등기구 디자인을 의뢰하고 오스람에 아시아 사업부에 외부용 등기구 디자인을 의뢰하고있는 실정임.

세계적인 대기업에서 지원하는 프로젝트에 적극 참여하여 높은 수준에 안목을 적용한 우리 실정에 맞는 LED조명기구에 디자인을 적극 활용키 위한 작업을 진행중에 있음 (중국심천에 관련 전문직원 방문-08월14일 출국)

나. 개발된 기술의 해외시장 진출방안

2005년 뉴욕 조명전시회 2006년 미국 라스베가스 조명전시회에 참가하여 매우 좋은 평가와 받아서 현재 경관조명 분야에 led조명기구에 수출이 매우 좋은 효과를 거두고 있음. 전구형 형광등용 led조명기구는 세계시장에 아직 선보인 제품이 거의 없음. 해외사장에 진출방안 보다도 제품개발이 우선 실시되면 해외진출에는 문제될 것이 없음.

건기평 개발과제 제품을 포함한 해외전시회-07년 3월 일본 동경 국제조명 전시회 07년 5월 미국 뉴욕 국제조명전시회에 연속 참가하여 우리에 기술과 제품을 홍보하여 매우 흡족한 성과를 거두었음.

일본에선 현재 조명시장에 3위 업체인 엔도조명이 적극적으로 호감을 갖고 접근하여 지난 5-7월에 3차례 본사 방문, 약 1000만원 상당에 셈플 구매를 통하여 일본 전역에 당사에 LED 조명을 판매하려고 준비하고 있음. 지난 7월 28일에는 이사급 직원이 당사에 공장을 전격방문 08년도에 일본 전역에 배포할 카다록에 저희

제품을 추가하기로 결정되어 자료요청 및 승낙을 요청 자료는 선지원하고 추후 정식 계약을 통하여 지속적인 관계를 갖기로 합의함.

(www.endo-lighting.co.jp) tel-06-6783-0486

미국에 기존 투광등을 수입하는 업체측에서도 현지 전시회에도 당사와 같은 제품은 유일하게 우리와 대만업체 뿐인데 상대적으로 비교되지 못하는 품질과 성능으로 미국시장에선 매우 좋은 제품으로 평가되었음.

특히 디자인면 에서도 이런 제품이 아메리카 스타일 이라면서 500대 샘플 구매를 요청하였음. 7~9월중 한국을 방문하여 정식적인 미국시장에 판매권 및 대리점 계약을 논의키 위한 계약서 작성을 하기 위하여 방문하기로 하였음. 현재 한국사람을 직원으로 채용 하였고 계약서 작성초안을 변호사에 의뢰한 실정이라함.

영국에 ACDC 거레처에서도 금년 가을 전시하는 당사제품을 홍보키 위하여 샘플 구매 목록 작성중이 있다함(1년 이상 거래하였던 업체).

위와같은 실정으로 보아선 대한민국에 IT강국을 기초로 한 LED 조명에 세계시장 진출은 매우 희망적인 것으로 판단함.



JAPA 참가.03월



개발중인 PAR30 ~ 38. 라인바. 칼라 투광등 전시

USA-뉴욕조명 전시회 참가. 05월



PAR30 . 라인바. 칼라 투광등 전시

다. 참여기업별 연계방안 및 추진전략

- 참여기업의 인프라 및 기술력을 활용 상품화 및 제품개발
- 참여기업의 기존 시장을 활용하여 시장 진출을 시도

번호	기업명	과제에 대한 기업 관심영역	연계방안								
			기업 활용	장비 활용	교육 연계	기술 상담	정보 제공	기술 지도	기술 이전	공동 연구	창업 지원
1	삼성전기	해외 판매	V	V			V		V	V	
2	금호전기	국내외판매-대리점공급	V				V				
3	롯데백화점	자사매장사용	V								
4	일온-엔도조명	자사대리점판매	V				V				
5	미국-hp조명	미동부 대리점판매	V				V				
합 계											

라. 타 산업에 미치는 효과

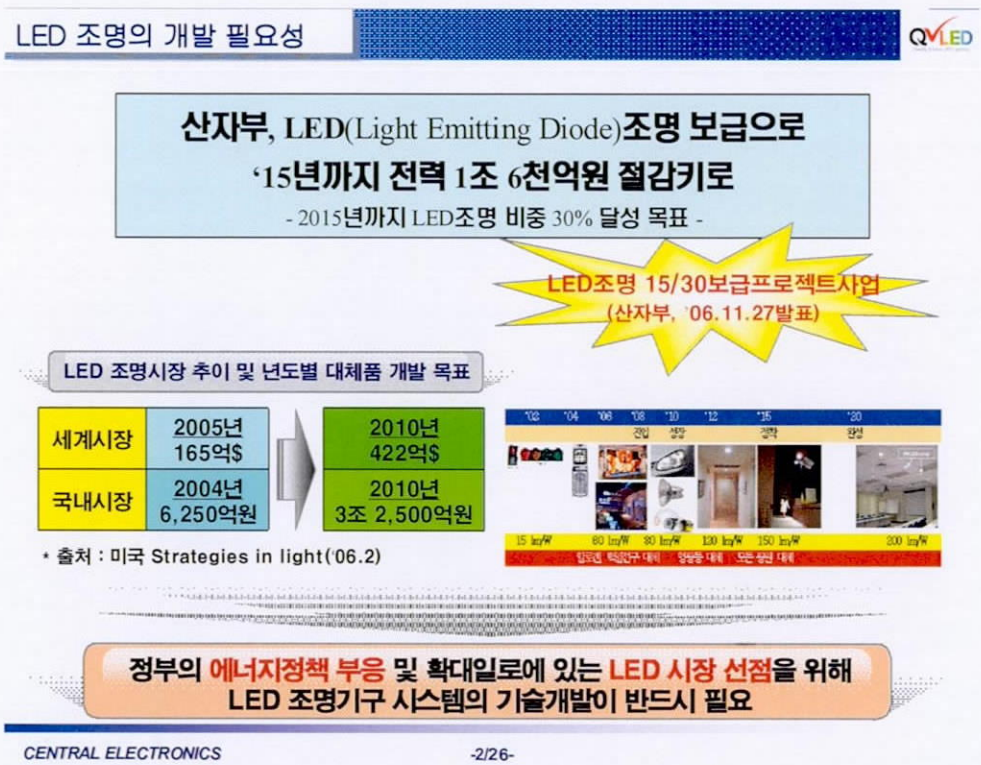
- 건축 산업 : 등기구의 slim화에 의해 건축물 층고의 최소화 및 실내 · 외 조명 설비 분야의 적용을 통해 연출의 다양성 실현
- 유비쿼터스분야 : Intelligent LED 조명 시스템의 개발 및 적용을 통해 Intelligent 빌딩 및 Smart Home의 조명 설비 유비쿼터스화를 실현 가능
- 실버산업분야 : 감성 LED 조명 시스템의 개발 및 적용을 통해 노인의 생일적 · 심리적 특성에 알맞은 빛 환경을 제공
- 인간공학분야 : 사용자의 연령, 건강상태 및 기분, 생활 패턴에 따라 색온도 및 빛의 패턴의 자동 제어를 통한 사용자에 적합한 빛 환경을 제공
- ESCO산업분야 : 저전력의 LED의 이용과 더불어 자동제어 시스템의 개발을 통해 에너지절감효과의 극대화
- 친환경산업분야 : 장수명일 뿐만 아니라 기존의 형광등과 달리 수은 및 형광체의 사용이 적고, 고체형이기 때문에 외부로의 유출이 적기 때문에 친환경적인 조명기기로써의 기대효과 실현

4. 정부 정책과의 연계 방안

- 현재까지 LED를 사용하는 산업에서 행정적 법적 제도적으로 갖추어져 있는 제품은 LED교통 신호등 밖에 없음.
- 기타 타 분야에 적용하여 사용되는 것은 그때그때 현장여건에 맞는 제품을 제조사에 임의사양 및 규격에 맞추어 제작 설치하는 수준임.
- LED가 에너지 절약도 되고 수명도 길고 자외선도 안 나오고 하는 것은 언론사 및 신문 관련전문 서적 잡지 등에서 목소리를 높이고 있지만 실제적

으로 제도적 틀내에서는 아무런 대책이 없어 안전 및 소비자에 피해사례가 대두 될 수 있음.

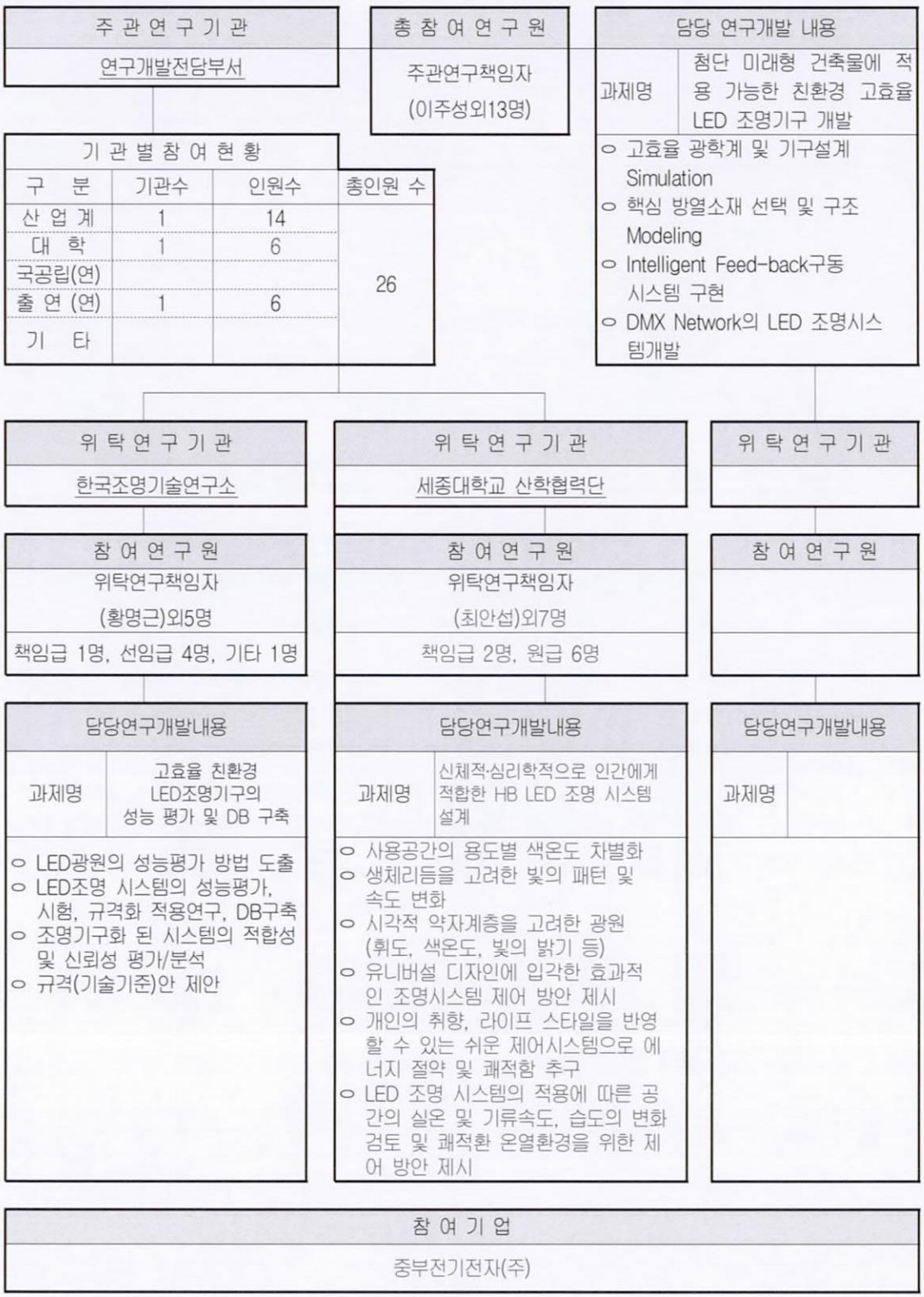
- 저가에 중국산 제품도 아무런 제약없이 수입되어 국내시장을 장악하여 LED 조명 시장발전에 크나큰 저해 요소가 되고 있음.
- 이러한 원천적인 방법을 개선하기 위하여 LED조명기구에 대한 안전인증 규격화 제도 승인제도 등을 갖추어 제도적 틀 안에서 제작 및 유통이 이루어지면 LED조명 발전과 국가적인 에너지절약 정책에도 매우 큰 효과를 볼 수 있을 것임.
- LED조명 기구에 대한 고효율에너지 조명기구 선정 LED조명기구 우선구매제도 에너지대체품목지정 등을 통한 국민적인 에너지 고효율조명기구 임을 홍보 할 수 있도록 제도적인 개선이 필요함.



5. 관련 후속연구개발의 전망

- 산업조명-가로등 보안등 식물재배-인삼재배(청색조명).수산산업-고기집결(청색조명)등 빛이 사용되는 모든 산업에 적용이 가능하며 업종에 따른 조명칼라 밝기 파장대 별로도 선별 제작이 가능하여 전 산업에 널리 사용
- LED패키지 제조사와 협력하여 더욱 높은 광량 및 등기구 모양에 맞는 형태에LED제작 협력하여 더욱 안정적이고 높은 효율에 조명기구개발을 유도

* 연구수행체계


주관연구기관
연구개발전담부서
총참여연구원
주관연구책임자
(이주성외13명)
담당 연구개발 내용
과제명
첨단 미래형 건축물에 적용 가능한 친환경 고효율 LED 조명기구 개발
○ 고효율 광학계 및 기구설계 Simulation
○ 핵심 방열소재 선택 및 구조 Modeling
○ Intelligent Feed-back구동 시스템 구현
○ DMX Network의 LED 조명시스템개발
기관별 참여 현황
구 분 | 기관수 | 인원수 | 총인원 수
산 업 계 | 1 | 14 | 26
대 학 | 1 | 6
국공립(연) | | |
출 연 (연) | 1 | 6
기 타 | | |
위탁연구기관
한국조명기술연구소
위탁연구기관
세종대학교 산학협력단
위탁연구기관
참여연구원
위탁연구책임자
(황명근)외5명
책임급 1명, 선임급 4명, 기타 1명
참여연구원
위탁연구책임자
(최안섭)외7명
책임급 2명, 원급 6명
참여연구원
담당연구개발내용
과제명
고효율 친환경 LED조명기구의 성능 평가 및 DB 구축
○ LED광원의 성능평가 방법 도출
○ LED조명 시스템의 성능평가, 시험, 규격화 적용연구, DB구축
○ 조명기구화 된 시스템의 적합성 및 신뢰성 평가/분석
○ 규격(기술기준)안 제안
담당연구개발내용
과제명
신체적·심리학적으로 인간에게 적합한 HB LED 조명 시스템 설계
○ 사용공간의 용도별 색온도 차별화
○ 생체리듬을 고려한 빛의 패턴 및 속도 변화
○ 시각적 약자계층을 고려한 광원 (휘도, 색온도, 빛의 밝기 등)
○ 유니버설 디자인에 입각한 효과적인 조명시스템 제어 방안 제시
○ 개인의 취향, 라이프 스타일을 반영할 수 있는 쉬운 제어시스템으로 에너지 절약 및 쾌적함 추구
○ LED 조명 시스템의 적용에 따른 공간의 실온 및 기류속도, 습도의 변화 검토 및 쾌적환 온열환경을 위한 제어 방안 제시
담당연구개발내용
과제명
참여기업
중부전기전자(주)

OSTAR® - Lighting with Optics
Lead (Pb) Free Product - RoHS Compliant

LE UW E3B



Vorläufige Daten / Preliminary Data

Besondere Merkmale

- **Gehäusetyp:** OSTAR® - Lighting
- **Besonderheit des Bauteils:** extrem hohe Helligkeit und Leuchtdichte dank Oberflächenemission und niedrigem R_{th}
- **Farbort:** x = 0,31, y = 0,32 nach CIE 1931 (weiß)
- **typische Farbtemperatur:** 6500 K
- **Abstrahlwinkel:** 130°
- **Abstrahlende Fläche:** 2,1 mm x 3,2 mm
- **Technologie:** ThinGaN®
- **Leuchtdichte:** $22*10^6$ cd/m²
- **optischer Wirkungsgrad:** 65 lm/W bei 350 mA
- **Montierbarkeit:** verschraubbar Lötpads für Verdrahtung
- **ESD-Festigkeit:** ESD-sicher bis 2 kV nach JESD22-A114-B
- **Verpackungseinheit:** pro Box 60 Stück

Features

- **package:** OSTAR® - Lighting
- **feature of the device:** outstanding brightness and luminance due to pure surface emission and low R_{th}
- **color coordinates:** x = 0.31, y = 0.32 acc. to CIE 1931 (white)
- **typ. color temperature:** 6500 K
- **viewing angle:** 130°
- **light emitting surface:** 2.1 mm x 3.2 mm
- **technology:** ThinGaN®
- **Luminance:** $22*10^6$ cd/m²
- **optical efficiency:** 65 lm/W at 350 mA
- **mounting methods:** screw holes solder pads for wire attachment
- **ESD-withstand voltage:** up to 2 kV acc. to JESD22-A114-B
  method of packing: 60 pcs. per tray

Anwendungen

- Strahler für die Allgemeinbeleuchtung
- Medizintechnik: Operationslampen
- Mikroskopbeleuchtung
- Verkehrszeichen
- Hochwertige Blitzlichter

Applications

- General lighting
- medical lighting: surgery light
- microscope illumination
- VMS (variable message signs)
- high end strobe light

Bestellinformation
Ordering Information

Typ Type	Emissions-farbe Color of Emission	Lichtstrom 1) Seite 17 Luminous Flux 1) page 17 I_F = 700 mA Φ_V (lm)	Lichtstrom 2) Seite 17 Luminous Intensity 2) page 17 I_F = 700 mA I_V (cd)	Bestellnummer Ordering Code
LE UW E3B-PZQZ-4C8F	white (with 130° optics)	610 ... 1.120	180 (typ.)	on request

*Anm.: Die oben genannten Typbezeichnungen umfassen die bestellbaren Selektionen. Diese bestehen aus wenigen Helligkeitsgruppen (siehe **Seite 6** für nähere Informationen). Es wird nur eine einzige Helligkeitsgruppe pro Verpackungseinheit geliefert. Z.B.: LE UW E3B-PZQZ-4C8F bedeutet, dass in der Verpackungseinheit nur eine der Helligkeitsgruppen PZ, QX, QY oder QX enthalten ist.*
Um die Liefersicherheit zu gewährleisten, können einzelne Helligkeitsgruppen nicht bestellt werden.

*Gleiches gilt für die Farben, bei denen Farbortgruppen gemessen und gruppiert werden. Pro Verpackungseinheit wird nur eine Farbortgruppe geliefert. Z.B.: LE UW E3B-PZQZ-4C8F bedeutet, dass in einer Verpackungseinheit nur eine der Farbortgruppen -4C bis -8F enthalten ist (siehe **Seite 5** für nähere Information).*
Um die Liefersicherheit zu gewährleisten, können einzelne Farbortgruppen nicht bestellt werden.

*Note: The above Type Numbers represent the order groups which include only a few brightness groups (see **page 6** for explanation). Only one group will be shipped in each packing unit (there will be no mixing of two groups in each packing unit). E.g. LE UW E3B-PZQZ-4C8F means that only one group PZ, QX, QY or QX will be shippable for any one packing unit.*
In order to ensure availability, single brightness groups will not be orderable.

*In a similar manner for colors where chromaticity coordinate groups are measured and binned, single chromaticity coordinate groups will be shipped in any one packing unit . E.g. LE UW E3B-PZQZ-4C8F means that only 1 chromaticity coordinate group -4C to -8F will be shippable (see **page 5** for explanation).*
In order to ensure availability, single chromaticity coordinate groups will not be orderable.

Grenzwerte
Maximum Ratings

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Werte Values	Einheit Unit
Betriebstemperatur* Operating temperature range*	$T_{board, op}$	– 40 ... + 100	°C
Lagertemperatur Storage temperature range	$T_{board, stg}$	– 40 ... + 100	°C
Sperrschichttemperatur Junction temperature	T_j	150	°C
minimaler Durchlassstrom pro Chip minimum Forward current per chip (T_{board}=25°C)	I_F	100	mA
maximaler Durchlassstrom pro Chip maximum Forward current per chip (T_{board}=25°C)	I_F	1000	mA
Stoßstrom Surge current ≤ 10 µs, D = 0.1, T_{board} = 25 °C	I_{FM}	2000	mA
Sperrspannung Reverse voltage (T_{board}=25°C)	V_R	not designed for reverse operation	V
Leistungsaufnahme pro Modul Power consumption per modul (T_{board}=25°C)	P_{tot}	27	W

* Eine Betauung des Moduls muss vermieden werden.
Condensation on the module has to be avoided.

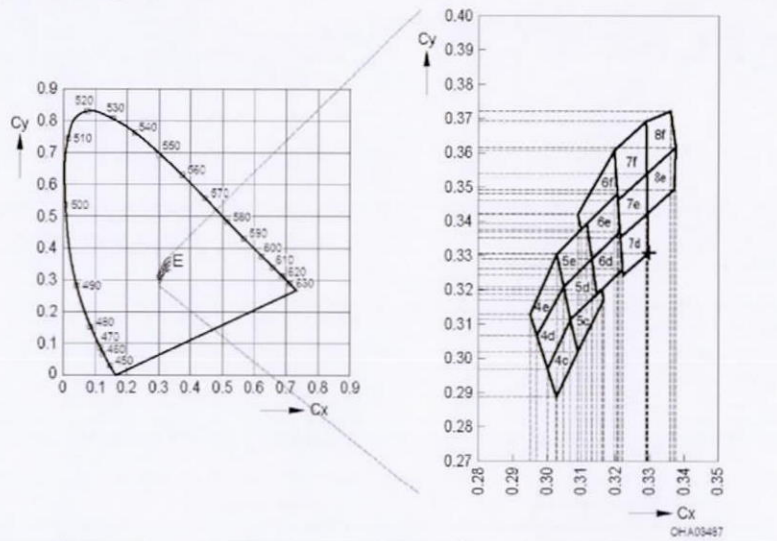
Kennwerte
Charakteristics

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Werte Values	Einheit Unit
Wärmewiderstand des gesamten Moduls Thermal resistance of the module Sperrschicht / Bodenplatte Junction / base plate	$R_{th\ JB}$	3	K/W

Kennwerte
Characteristics
(T_{board} = 25 °C)

Bezeichnung Parameter		Symbol Symbol	Werte Values	Einheit Unit
Farbkoordinate x nach CIE 1931[3] Seite 17 Chromaticity coordinate x acc. to CIE 1931[3] page 17 I_F = 700 mA	(typ.)	x	0.31	–
Farbkoordinate y nach CIE 1931[3] Seite 17 Chromaticity coordinate y acc. to CIE 1931[3] page 17 I_F = 700 mA	(typ.)	y	0.32	–
Abstrahlwinkel bei 50 % I_V (Vollwinkel) Viewing angle at 50 % I_V	(typ.)	2φ 2φ	130	Grad deg.
Durchlassspannung[4] Seite 17) Forward voltage[4] page 17 I_F = 700 mA	(min.) (typ.) (max.)	V_F V_F V_F	17.4 20.8 24.5	V V V
Sperrstrom Reverse current	(max.)	I_R	not designed for reverse operation	µA
Optischer Wirkungsgrad Optical efficiency I_F = 700 mA	(typ.) (typ.)	η_{opt} η_{opt}	50	lm/W lm/W
Optischer Wirkungsgrad Optical efficiency I_F = 350 mA	(typ.) (typ.)	η_{opt} η_{opt}	65	lm/W lm/W
Abstrahlende Fläche Radiating Surface	(typ.)	A_{Chip}	2.1 x 3.2	mm²
Leuchtdichte Luminance I_F = 700 mA	(typ.) (typ.)	L_V L_V	$22*10^6$	cd/m² cd/m²

Farbortgruppen[3] *Seite 17*
Chromaticity coordinate groups[3] *page 17*



Gruppe Group	Cx	Cy
4C	0.303	0.289
	0.300	0.297
	0.307	0.311
	0.309	0.302
5C	0.309	0.302
	0.307	0.311
	0.322	0.326
	0.309	0.302
6D	0.315	0.319
	0.313	0.329
	0.321	0.326
	0.322	0.326
7D	0.322	0.324
	0.321	0.335
	0.329	0.342
	0.329	0.331
8E	0.329	0.342
	0.329	0.354
	0.338	0.362
	0.337	0.349

Gruppe Group	Cx	Cy
4D	0.300	0.297
	0.297	0.307
	0.305	0.321
	0.307	0.311
5D	0.307	0.311
	0.305	0.321
	0.313	0.329
	0.315	0.319
6E	0.313	0.329
	0.312	0.339
	0.321	0.3481
	0.321	0.337
7E	0.321	0.335
	0.321	0.346
	0.329	0.354
	0.329	0.342
8F	0.329	0.354
	0.329	0.369
	0.336	0.372
	0.338	0.362

Gruppe Group	Cx	Cy
4E	0.297	0.307
	0.296	0.313
	0.303	0.330
	0.305	0.321
5E	0.305	0.321
	0.303	0.330
	0.312	0.339
	0.313	0.329
6F	0.310	0.338
	0.309	0.342
	0.320	0.361
	0.321	0.348
7F	0.321	0.346
	0.320	0.361
	0.329	0.369
	0.329	0.354

Helligkeits-Gruppierungsschema
Brightness Groups

Helligkeitsgruppe Brightness Group	Lichtstrom[2] Seite 17 Luminous Flux[2] page 17 Φ_V (lm)
PZ	610 ... 710
QX	710 ... 820
QY	820 ... 970
QZ	970 ... 1120

Anm.: Die Standardlieferform von Serientypen beinhaltet eine Familiengruppe. Diese besteht aus wenigen Helligkeitsgruppen. Einzelne Helligkeitsgruppen sind nicht bestellbar.

Note: The standard shipping format for serial types includes a family group of only a few individual brightness groups. Individual brightness groups cannot be ordered.

Gruppenbezeichnung auf Etikett
Group Name on Label

Beispiel: QY-4C

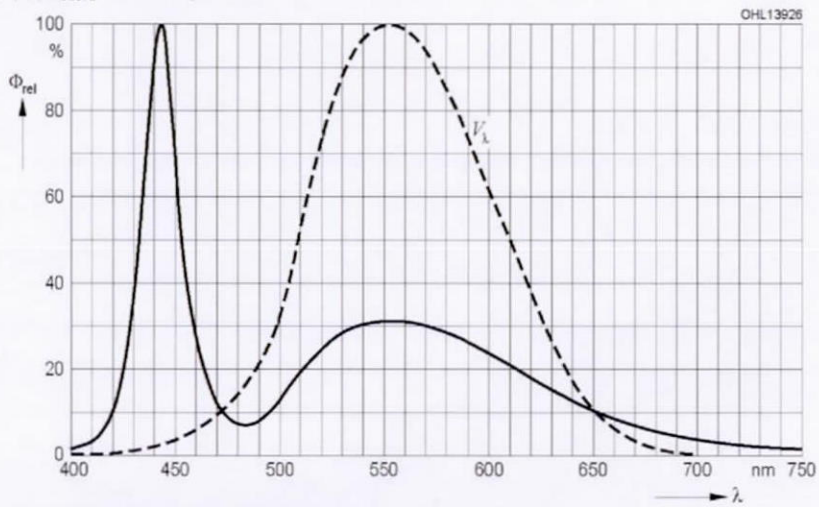
Example: QY-4C

Helligkeitsgruppe Brightness Group	Wellenlänge Wavelength
QY	4C

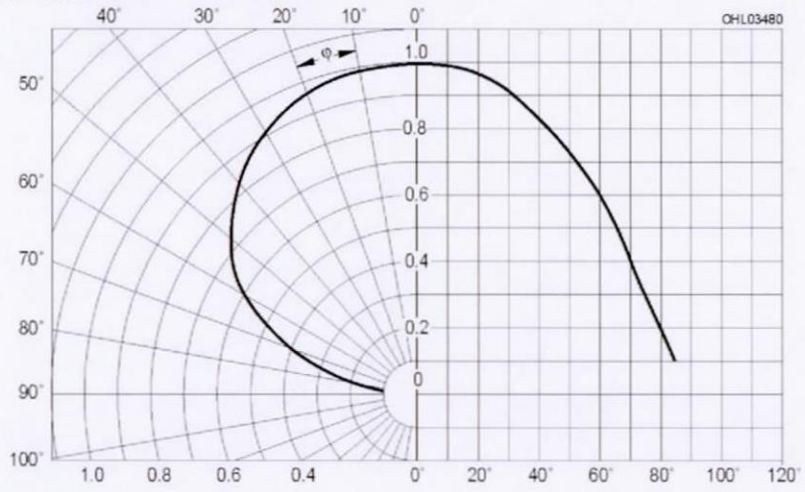
Anm.: In einer Verpackungseinheit ist immer nur eine Gruppe für jede Selektion enthalten.

Note: No packing unit ever contains more than one group for each selection.

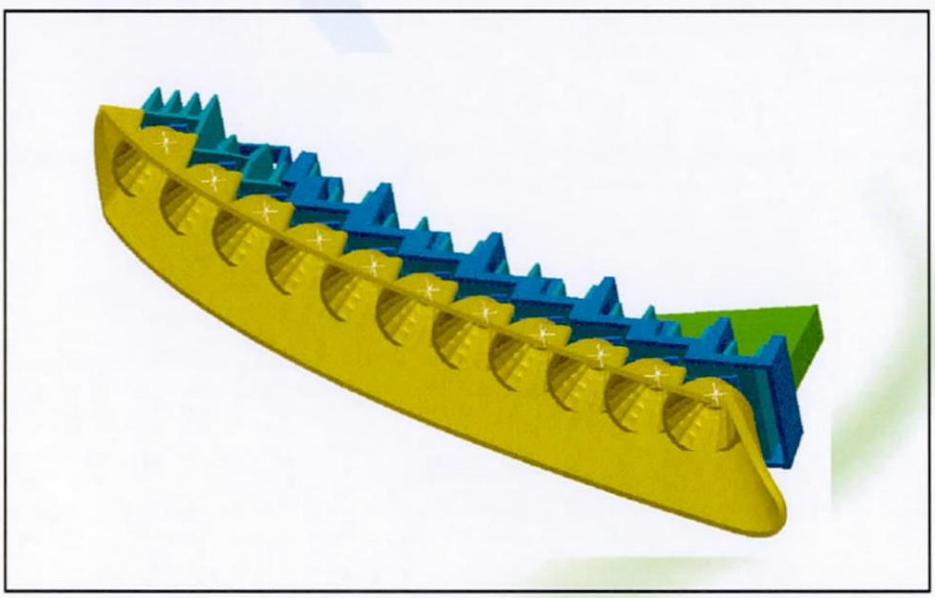
Relative spektrale Emission pro Chip[2) Seite 17]
Relative Spectral Emission per Chip[2) page 17]
$V(\lambda)$ = spektrale Augenempfindlichkeit / Standard eye response curve
$\Phi_{rel} = f(\lambda)$, T_{board} = 25 °C, I_F = 700 mA



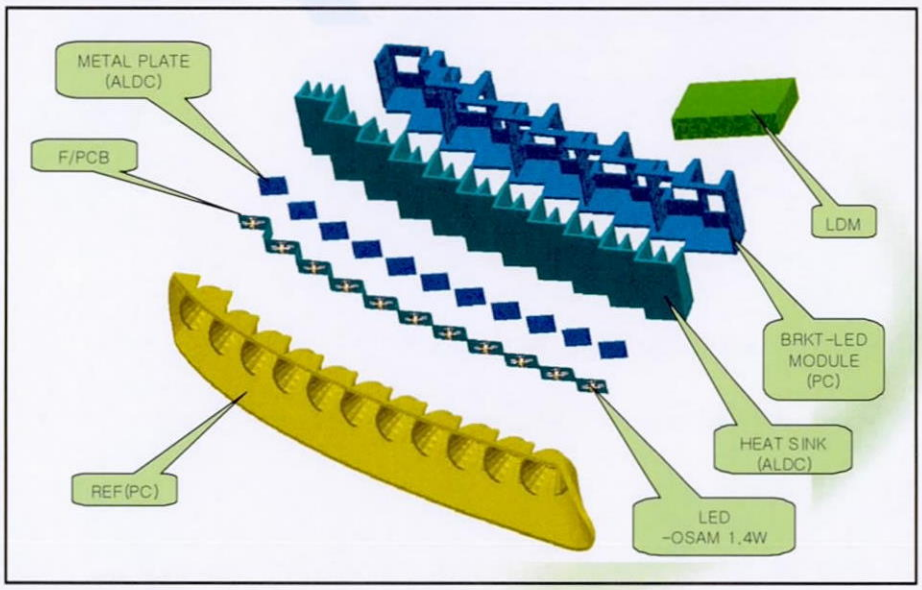
Abstrahlcharakteristik (mit Optik)[2) Seite 17]
Radiation Characteristic (with optics)[2) page 17]
$I_{rel} = f(\varphi)$; T_{board} = 25 °C



T/S LED MODEL 조립도



T/S LED MODEL 전개도



T/S LED 사양 정보

1. LED 사양 : OSRAM LYW 5SM GOLDEN DRAGON (11EA)

2. 방열설계정보
   - 주위온도 : Ta : 95℃
   - LED측 방열설계온도 : Max 125℃(=LED JUCTION TEMP.)

3. LED 온도 DATA
   : 추후 송부예정(4/25)

Development of CL-L102 Series

Confidential

Achieving higher lumen with efficiency

Under development



A white LED package with high luminous flux

CL-102-CxN

Package size: 50mm(L) x 7.0mm(W) x 1.80mm(H)

(The size is the same as 3.5W package in production.)

@700mA: **540 lm, 7W, 77 lm/W** lm per package

@240mA: **230 lm, 2W, 115 lm/W** lm per package

CITIZEN ELECTRONICS CO.,LTD.

To the lighting innovation

CREE LED Light

Performance Groups – Chromaticity (continued)

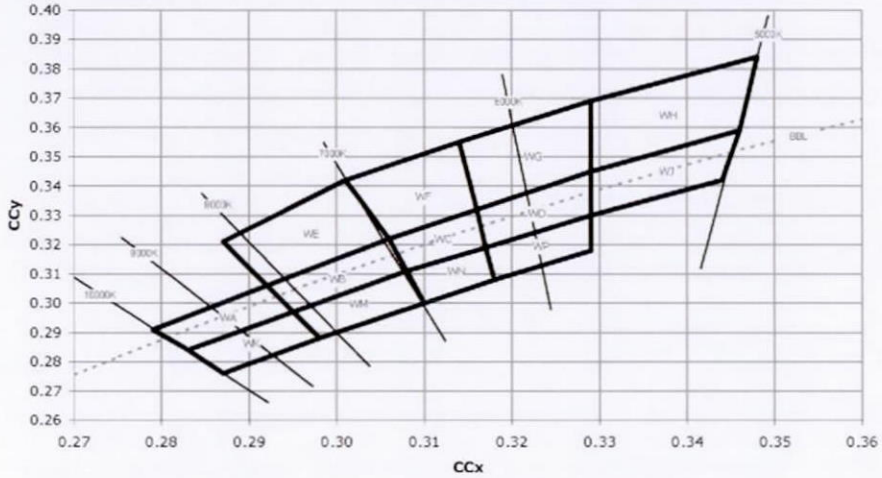
Region	x	y	Region	x	y	Region	x	y	Region	x	y
3A	.3371	.3490	3B	.3376	.3616	3C	.3463	.3687	3D	.3451	.3554
	.3451	.3554		.3463	.3687		.3551	.3760		.3533	.3620
	.3440	.3428		.3451	.3554		.3533	.3620		.3515	.3487
	.3366	.3369		.3371	.3490		.3451	.3554		.3440	.3428
4A	.3512	.3465	4B	.3529	.3597	4C	.3615	.3659	4D	.3590	.3521
	.3529	.3597		.3548	.3736		.3641	.3804		.3615	.3659
	.3615	.3659		.3641	.3804		.3736	.3874		.3702	.3722
	.3590	.3521		.3615	.3659		.3702	.3722		.3670	.3578
5A	.3670	.3578	5B	.3702	.3722	5C	.3825	.3798	5D	.3783	.3646
	.3702	.3722		.3736	.3874		.3869	.3958		.3825	.3798
	.3825	.3798		.3869	.3958		.4006	.4044		.3950	.3875
	.3783	.3646		.3825	.3798		.3950	.3875		.3898	.3716
6A	.3889	.3690	6B	.3941	.3848	6C	.4080	.3916	6D	.4017	.3751
	.3941	.3848		.3996	.4015		.4146	.4089		.4080	.3916
	.4080	.3916		.4146	.4089		.4299	.4165		.4221	.3984
	.4017	.3751		.4080	.3916		.4221	.3984		.4147	.3814
7A	.4147	.3814	7B	.4221	.3984	7C	.4342	.4028	7D	.4259	.3853
	.4221	.3984		.4299	.4165		.4430	.4212		.4342	.4028
	.4342	.4028		.4430	.4212		.4562	.4260		.4465	.4071
	.4259	.3853		.4342	.4028		.4465	.4071		.4373	.3893
8A	.4373	.3893	8B	.4465	.4071	8C	.4582	.4099	8D	.4483	.3919
	.4465	.4071		.4562	.4260		.4687	.4289		.4582	.4099
	.4582	.4099		.4687	.4289		.4813	.4319		.4700	.4126
	.4483	.3919		.4582	.4099		.4700	.4126		.4593	.3944

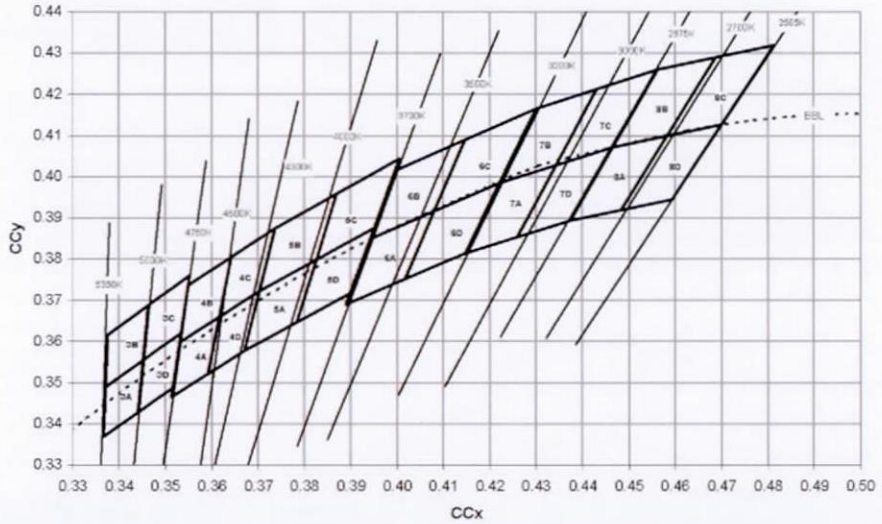
Copyright © 2007 Cree, Inc. All rights reserved. The information in this document is subject to change without notice. Cree, the Cree logo and XLamp are registered trademarks of Cree, Inc.

Cree, Inc.
4600 Silicon Drive
Durham, NC 27703
USA Tel: +1.919.313.5300
Fax: +1.919.313.5778
www.cree.com/xlamp

CREE
LED Light

Cree's Standard Chromaticity Regions Plotted on the 1931 CIE Curve





Copyright © 2007 Cree, Inc. All rights reserved. The information in this document is subject to change without notice. Cree, the Cree logo and XLamp are registered trademarks of Cree, Inc.

Cree, Inc.
4600 Silicon Drive
Durham, NC 27703
USA Tel: +1.919.313.5300
Fax: +1.919.313.5778
www.cree.com/xlamp

CREE LED Light

Standard Order Codes and Bins

The following tables list standard kit numbers and performance bins. Kit numbers completely describe an order code's chromaticity regions and luminous flux range.

XLamp XR-C LED Standard Order Codes – White		
Kit Number	Chromaticity Regions	Luminous Flux (lm) @ 350 mA
		Min.
00301	WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WJ, WK, WM, WN, WP	45.7
00302	WC, WD, WF, WG	45.7
00303	WC, WD, WF, WG, WH, WJ, WN, WP	45.7
00401	WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WJ, WK, WM, WN, WP	51.7
00402	WC, WD, WF, WG	51.7
00403	WC, WD, WF, WG, WH, WJ, WN, WP	51.7
00501	WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WJ, WK, WM, WN, WP	56.8
00502	WC, WD, WF, WG	56.8
00503	WC, WD, WF, WG, WH, WJ, WN, WP	56.8
002E6	6A, 6B, 6C, 6D	39.8
002E7	7A, 7B, 7C, 7D	39.8
002E8	8A, 8B, 8C, 8D	39.8
002F7	6C, 6D, 7A, 7B	39.8
002F8	7C, 7D, 8A, 8B	39.8
003E3	3A, 3B, 3C, 3D	45.7
003E4	4A, 4B, 4C, 4D	45.7
003E5	5A, 5B, 5C, 5D	45.7
003F4	3C, 3D, 4A, 4B	45.7
003F5	4C, 4D, 5A, 5B	45.7
003F6	5C, 5D, 6A, 6B	45.7
004E6	6A, 6B, 6C, 6D	51.7
004E7	7A, 7B, 7C, 7D	51.7
004E8	8A, 8B, 8C, 8D	51.7
004F7	6C, 6D, 7A, 7B	51.7
004F8	7C, 7D, 8A, 8B	51.7
005E3	3A, 3B, 3C, 3D	56.8
005E4	4A, 4B, 4C, 4D	56.8
005E5	5A, 5B, 5C, 5D	56.8
005F4	3C, 3D, 4A, 4B	56.8
005F5	4C, 4D, 5A, 5B	56.8
005F6	5C, 5D, 6A, 6B	56.8

Copyright © 2007 Cree, Inc. All rights reserved. The information in this document is subject to change without notice. Cree, the Cree logo and XLamp are registered trademarks of Cree, Inc.

Cree, Inc.
4600 Silicon Drive
Durham, NC 27703
USA Tel: +1.919.313.5300
Fax: +1.919.313.5778
www.cree.com/xlamp

CREE
LED Light

XLamp XR-E LED Standard Order Codes – White		
Kit Number	Chromaticity Regions	Luminous Flux (lm) @ 350 mA
		Min.
00601	WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WJ, WK, WM, WN, WP	62.0
00602	WC, WD, WF, WG	62.0
00603	WC, WD, WF, WG, WH, WJ, WN, WP	62.0
00701	WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WJ, WK, WM, WN, WP	67.2
00702	WC, WD, WF, WG	67.2
00703	WC, WD, WF, WG, WH, WJ, WN, WP	67.2
00801	WA, WB, WC, WD, WE, WF, WG, WH, WJ, WK, WM, WN, WP	73.9
00802	WC, WD, WF, WG	73.9
00803	WC, WD, WF, WG, WH, WJ, WN, WP	73.9
005E6	6A, 6B, 6C, 6D	56.8
005E7	7A, 7B, 7C, 7D	56.8
005E8	8A, 8B, 8C, 8D	56.8
005F7	6C, 6D, 7A, 7B	56.8
005F8	7C, 7D, 8A, 8B	56.8
006E3	3A, 3B, 3C, 3D	62.0
006E4	4A, 4B, 4C, 4D	62.0
006E5	5A, 5B, 5C, 5D	62.0
006E6	6A, 6B, 6C, 6D	62.0
006E7	7A, 7B, 7C, 7D	62.0
006E8	8A, 8B, 8C, 8D	62.0
006F4	3C, 3D, 4A, 4B	62.0
006F5	4C, 4D, 5A, 5B	62.0
006F6	5C, 5D, 6A, 6B	62.0
006F7	6C, 6D, 7A, 7B	62.0
006F8	7C, 7D, 8A, 8B	62.0
007E3	3A, 3B, 3C, 3D	67.2
007E4	4A, 4B, 4C, 4D	67.2
007E5	5A, 5B, 5C, 5D	67.2
007F4	3C, 3D, 4A, 4B	67.2
007F5	4C, 4D, 5A, 5B	67.2
007F6	5C, 5D, 6A, 6B	67.2

Copyright © 2007 Cree, Inc. All rights reserved. The information in this document is subject to change without notice. Cree, the Cree logo and XLamp are registered trademarks of Cree, Inc.

Cree, Inc.
4600 Silicon Drive
Durham, NC 27703
USA Tel: +1.919.313.5300
Fax: +1.919.313.5778
www.cree.com/xlamp

제 7 장 참고문헌

1) Pacific gas and Electric company, 2006

2) 양희경, 주관평가와 작업수행도의 상관관계 분석에 의한 조명 색온도에서의 피로도 평가, 한국감 성과학회지, 2001

3) 에바 헬러, 색의 유혹, 예담출판사, 2002.6

4) 인테리어산업협회, 고령자를 위한 조명과 색채, 도서출판국제, 2001

5) 일본건축학회 - 시환경편

6) 고령자가 사용하기 쉬운 제품과 편리한 공간을 만들기 위한 설계 데이터, 사단법인 인간생활공학 연구센터,일본

7) 고령자가 사용하기 쉬운 제품과 편리한 공간을 만들기 위한 설계 데이터, 사단법인 인간생활공학 연구센터, 일본

8) 박경수, 감성공학 및 감각생리, 2000

9) 고령자가 사용하기 쉬운 제품과 편리한 공간을 만들기 위한 설계 데이터, 사단법인 인간생활공학 연구센터, 일본

10) 인테리어산업협회, 고령자를 위한 조명과 색채, 도서출판국제, 2001

11) 원슬기, 고령자 주거시설의 조명방법론 개발 및 적용방안, 세종대학교석사논문, 2006

12) 이정은, 주거공간의 삶의 질 향상을 위한 건강조명시스템 개발 및 적용방안, 세종대학교석사논문, 2004

13) 장우진 외, 고효율 조명기술, 도서출판 아진, 2006. 3

14) 양배덕, 백색 LED의 최신 개발동향과 금후의 전망, KISTI분석보고서, 2007. 3

15) 홍창희, 백색 LED의 신기술 동향, 한국전기전자재료학회학술지 제17권 9호, 2004. 9

16) I.R.I 색채연구소, 어떤 색이 좋을까? Color Combination, 영진출판사, 2003.1

17) 에바 헬러, 색의 유혹, 예담출판사, 2002.6

18) Kuno Naomi, 컬러 테이스트 배색북, 조형출판사, 2004

주 의 사 항

1. 본 보고서는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업의 최종(중간) 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
중부전기전자(주) TEL 031)577-7123
한국조명기술연구소 TEL 032)670-8888
세종대학교 TEL 02)3408-3761

R&D / 06건설핵심D17

설계·공사 감리 업무지침 및 표준 계약서 연구보고서

■ 발행일 / 2007. 8. 17.
■ 발행처 / 중부전기전자 주식회사
경기도 남양주시 와부읍 도곡리 1025-1
TEL : 031)577-7123
■ 인쇄처 / 엘림인쇄(출판등록 제2004-8호)