

무전극 HID 램프의 색온도 감성평가에 관한 연구

(A Study on the Sensibility Evaluation on the Color Temperatures of Electrodeless HID Lamp)

박현수* · 박병주 · 장우진**

(Hyensou Pak · Bonjour Park · Woojin Jang)

Abstract

An experiment was carried out to evaluate the emotion and sensibility evoked from the different color temperatures(CCT) of electrodeless HID (ELHID) lamp. For this purpose, three ELHID lamps and a metal halide lamp were used as the experimental light sources and thirty Korean adjectives related to the lighting affectiveness were selected for the evaluation. The results showed that ELHID lamps induced different sensibilities according to their color temperature. In particular, 6500 K ELHID was similar to metal halide which has the CCT of 5600 K in the evaluation. Based on the results, we suggested some Korean adjectives and their corresponding English ones which are thought to be suitable for the verbal descriptions of ELHID lamps.

Key Words : Electrodeless HID Lamp, Correlated Color Temperature, Evaluation of Sensibility

1. 서 론

1.1 연구의 배경

근래의 광원 기술은 생활수준이 향상됨에 따라 좀 더 쾌적하고 고급스런 광 품질을 가지면서도 에너지 절감과 유해물질 최소화를 필수적인 요소로 포함하는 친환경적인 광원의 개발에 주력하고 있다[1,2]. 따라서 그와 같은 사회경제적인 요구에 부응하는 대안적인 광원으로서 주목받고 있는 것 중의 하나가 무전극 고광도 방전(Electrodeless High Intensity Discharge; ELHID) 램프(이하 'ELHID 램프')이다.

흔히 PLS(plasma lighting system)로 알려져 있는

* 주저자 : LG전자기술원 수석연구원
** 교신저자 : 서울과학기술대학교 전기정보공학과 교수
* Main author : Principal Research Engineer, LGE Advanced Research Institute
** Corresponding author : Professor, Dept. of Electrical and Information Engineering, Seoul National University of Science and Technology
Tel : 02-970-6414, Fax : 02-978-2754
E-mail : hlight@seoultech.ac.kr
접수일자 : 2014년 1월 9일
1차심사 : 2014년 1월 14일
심사완료 : 2014년 2월 18일

ELHID 램프는 마이크로웨이브 에너지를 이용하는 무수은, 무전극 방전 발광관을 사용하므로 친환경적일뿐만 아니라, 긴 수명과 고효율을 발휘하는 경제적이고 신뢰성이 높은 광원이다[2]. 또한 깜빡임이 없고 태양광과 비슷한 스펙트럼 분포를 가지고 있어 무엇보다 사람의 눈에 편하고 시 지각에도 유리하며, 연색성도 고압 나트륨 램프나 메탈헬라이드 램프에 비해 높아 80 Ra 이상의 연색지수를 보인다.

하지만 그러한 많은 장점에도 불구하고 ELHID 램프의 광 특성에 대한 충분한 이해와 활용에 대한 고려가 아직까지는 부족한 실정이다. 최근 들어 대규모 스포츠시설 등에 ELHID 램프를 도입하는 사례들이 많이 늘어나고 있지만, 그것이 가진 장점을 잘 모르는 상태에서는 그 가치를 제대로 발휘하기가 어렵다. 따라서 늘어나는 시장 수요와 적재적소에서 효과적인 활용을 위해서는 ELHID 램프가 가진 빛의 특성을 제대로 이해할 필요가 있다.

1.2 연구의 목적

본 연구에서는 ELHID 램프의 전기물리적인 특성보다는 색온도(이하 'CCT')에 의해 유발되는 감성적인 특성에 초점을 두고, 상이한 CCT를 가진 ELHID 램프와 기존 광원 중의 하나인 메탈헬라이드 램프(이하 'MHL')에 대해 감성평가를 실험실 상황에서 실시하고 그 결과들을 비교하였다. 그러한 결과에 기초하여, ELHID 램프가 색온도에 따라 관찰자에게 어떤 느낌을 주는지를 확인해봄으로써 ELHID 램프가 가진 고유의 감성적 특성을 이해하고 어떤 용도로 사용하는 것이 효과적인지, 그리고 ELHID 램프를 설명할 때 어떤 어휘들을 사용하는 것이 적절한지에 관한 기초적인 자료를 얻고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 시험광원 및 조명환경

시험광원과 조명환경은 다음과 같다.

○ 시험광원 및 측정장비

- CCT가 각각 5500 K, 6500 K, 7500 K인 1 kW ELHID 램프(LGE사, PLS) 3개와 CCT가 5600 K인 1 kW MHL(Philips사, Master MHN-LA) 1개가 사용됨.
- 시험광원의 Ra와 색좌표의 측정에는 ELHID 램프의 경우, CL-500A(KONICA MINOLTA사)이 사용되었고, MHL은 제조사 카탈로그를 참고함.

표 1. 시험광원의 연색지수와 색좌표값
Table 1. CIE Ra and chromaticity coordinates of test light sources

시험광원	Ra	CIE - x	CIE - y
ELHID 5500 K	76	0.335	0.415
ELHID 6500 K	78	0.301	0.375
ELHID 7500 K	80	0.285	0.354
MHL 5600 K	90	0.330	0.339

○ 조명환경 및 시험조건

- 길이 5.8 m, 폭 4.6 m, 높이 2.8 m이고, 벽면 색상이 흰색(N9)인 장방형 실험실이 사용됨.
- 바닥에는 인조잔디가 깔려 있었고, 야구경기장에서 일반적으로 사용하는 것과 유사한 제품(Best Green사, BH3501)이 사용됨.
- 실험실의 온도와 습도는 실내적정수준을 유지함.



그림 1. CCT 감성평가 실험 환경
Fig. 1. Experimental environment for CCT sensibility evaluation

시험광원의 CCT 차이는 현재 생산 중이거나 일반적으로 사용되고 있는 모델을 선택한 결과이며, MHL과는 달리 ELHID 램프들은 광원의 고유 특성에 의해 색좌표값이 흑체곡선(black body)에서 green 영역으로 다소 벗어나 있다.

CCT에 따른 빛에 대한 감성 차이를 관찰자들이 좀더 정확하게 느낄 수 있도록 실험실 전면에 흰색 스크린(205 cm × 195 cm)을 설치하였고, 그 하단에 표준색판(X-Rite사, color checker)을 함께 제시하였다. 본 실험에 사용된 시험광원들이 고출력이었고 따라서 순간 점소등이 용이하지 않은 관계로, 자체 제작한 라이팅 박스에 넣어 점등시킨 상태에서 실험순서에 따라 필요할 때만 전면부의 문을 열어 사용하였다.

실험실 내의 상황은 그림 1과 같다.

2.2 감성평가어휘

시험광원에 대한 CCT 감성평가에는 조명감성과 관련이 있는 것으로 확인된(자체조사 결과) 우리말 조명감성어휘(형용사) 30개가 사용되었다. 그것들은 ‘강렬한’, ‘경쾌한’, ‘고급스러운’, ‘깨끗한’, ‘눈부신’, ‘독특한’, ‘따뜻한’, ‘로맨틱한’, ‘멋있는’, ‘밝은’, ‘부드러운’, ‘상쾌한’, ‘새로운’, ‘선명한’, ‘시원한’, ‘신비로운’, ‘아름다운’, ‘온화한’, ‘은은한’, ‘자연스러운’, ‘즐거운’, ‘차분한’, ‘친근한’, ‘쾌적한’, ‘평안한’, ‘현대적인’, ‘화려한’, ‘환한’, ‘활기찬’, ‘흥미로운’이었다(가나다순).

2.3 CCT 감성평가

2.3.1 참가자 정상적인 시각을 가진 31명의 남녀가 실험에 참가하였다(남 : 23명, 여 : 8명, 평균연령 : 35.5세). 여기에는 조명관련 연구원 23명, 디자인관련 연구원 4명, 영상관련 종사자 2명, 일반대학생 1명이 포함되었다. 참가자 모집은 연구자들이 소속된 팀에서 주로 이루어졌는데, 그 결과 여성보다 남성의 수가 훨씬 많았다.

2.3.2 설문지 CCT 감성평가를 위한 설문지는 시험광원에 대한 감성평가와 잔디색감에 유리한 광원선택

으로 구성되어 있었다. 우선 시험광원에 대하여 30개의 우리말 조명감성어휘를 이용한 감성평가 문항이 제시되었다. 즉 각 형용사가 시험광원으로부터 느낄 수 있는 감성을 표현하는데 얼마나 적절한지를 판단하여 그 정도를 7점 척도(매우 부적절 - 부적절 - 약간 부적절 - 보통 - 조금 적절 - 적절 - 매우 적절)로 평가할 수 있게 하였다. 어휘를 이용한 감성평가문항 다음에는 시험광원에 대한 느낌과 의견을 자유롭게 기술하게 하였다. 이상과 같이 구조화된 CCT 감성평가 설문지가 시험광원마다 한 부씩 사용되었다. 4개의 시험광원에 대한 감성평가 설문지 다음에 제시된 페이지에는 잔디의 색감을 표현하는데 가장 유리하다고 판단되는 시험광원을 선택하는 문항과 실험전체에 대한 소감이나 의견을 기술하도록 하였다.

2.3.3 절차 실험은 개별 또는 집단적으로 실시되었다. 먼저 실험에 대한 설명과 함께 각 시험광원의 CCT 차이를 명확하게 인식할 수 있도록 각 시험광원을 약 5초간 2회에 걸쳐 순서대로 보여주었다. 실험이 시작되면, 시험광원을 무작위로 점등하여 하나씩 제시하면서 주어진 설문지를 이용하여 감성평가를 실시하였다. 마지막으로 시험광원들 중에서 바닥에 깔린 인조잔디의 색감을 표현하는데 가장 유리한 것을 하나 선택하도록 하였다. 전체 실험에 소요된 시간은 약 20분이었다.

3. 연구결과

CCT 감성평가에 얻어진 각 시험광원에 대한 평정값에 대하여 감성평가어휘별로 평균을 구하고 통계분석(t-test)을 실시하였다.

먼저 참가자 수에서 큰 차이를 보였던 성별 요인이 결과에 영향을 주었는지 알아보기 위해 독립표본 t-test를 실시하였다. 분석 결과, 감성평가문항 120개(시험광원 4개×조명감성어휘 30개)중 일부(12개 문항)에서 유의한 차이를 보였으나, 시험광원 모두에서 일관되게 성별에 의한 차이를 보인 조명감성어휘는 없었다. 따라서 성별이 전체적인 평정결과에 영향을 주었을 가능성은 낮은 것으로 확인되었다.

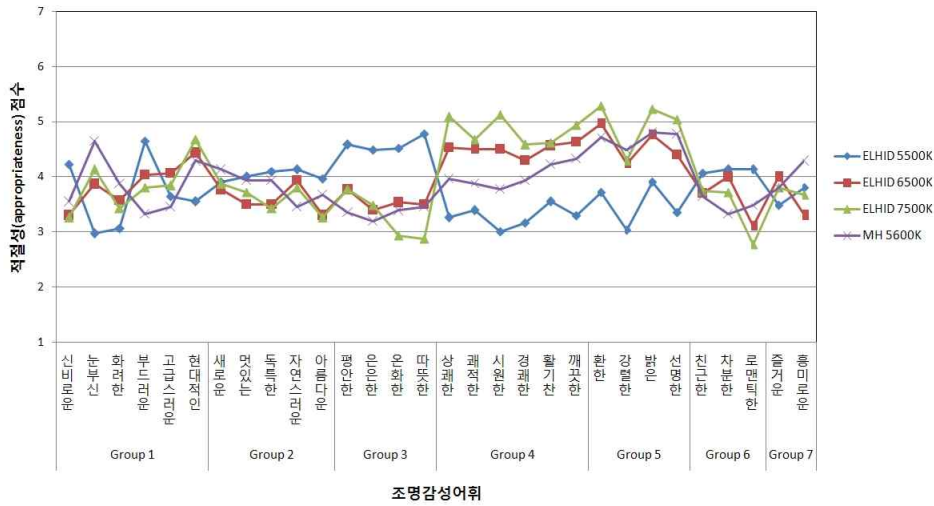


그림 2. 전체 시험광원의 감성평가 결과
 Fig. 2. Result of sensibility evaluation on experimental light sources

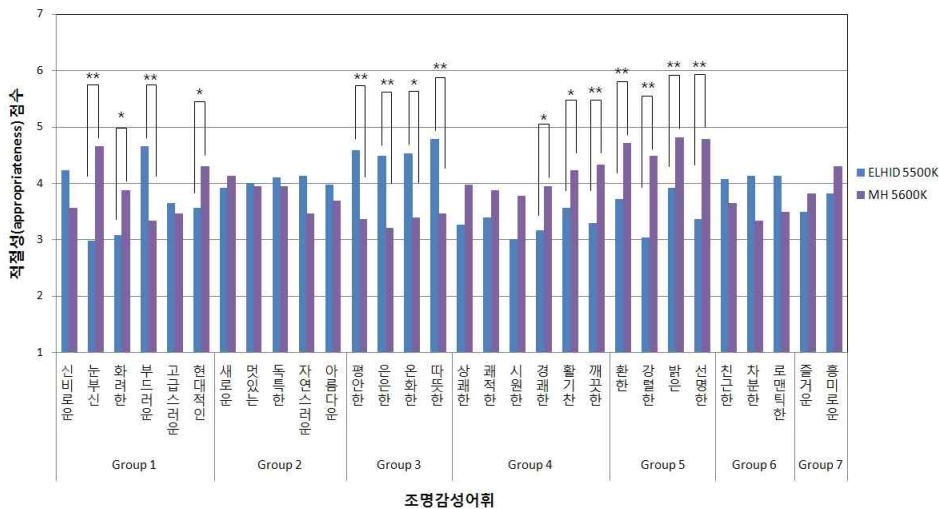


그림 3. ELHID 램프(5500 K)와 MHL의 감성평가 비교
 Fig. 3. Comparison of sensibility evaluation on ELHID lamp(5500 K) and MHL

그림 2는 전체 시험광원의 감성평가결과의 평균치를 비교한 것이다. 시험광원의 CCT와 사용된 감성평가어휘에 따라 적절성 평정 점수에서 뚜렷한 차이를 보임을 알 수 있다.

그림 3은 ELHID 램프 5500 K와 MHL에 대한 감성평가결과를 비교한 것이다. MHL에 비해 ELHID 램프 5500 K에서 유의하게 높았던 감성어휘는 ‘부드러운’ [t (30)=3.242, p < .005], ‘평안한’[t (30)=3.286, p < .005],

‘은은한’[t (30)=3.167, p < .005], ‘은화한’[t (30)=2.225, p < .05], ‘따뜻한’[t (30)=3.051, p < .005]이었다. 반면, ELHID 램프 5500 K에 비해 MHL이 유의하게 높았던 감성어휘는 ‘눈부신’[t (30)=5.096, p < .005], ‘현대적인’[t (30)=2.596, p < .05], ‘경쾌한’[t (30)=2.617, p < .05], ‘활기찬’[t (30)=2.168, p < .05], ‘깨끗한’[t (30)=3.791, p < .005], ‘환한’[t (30)=2.882p < .05], ‘강렬한’[t (30)=3.693, p < .005], ‘밝은’[t (30)=3.066,

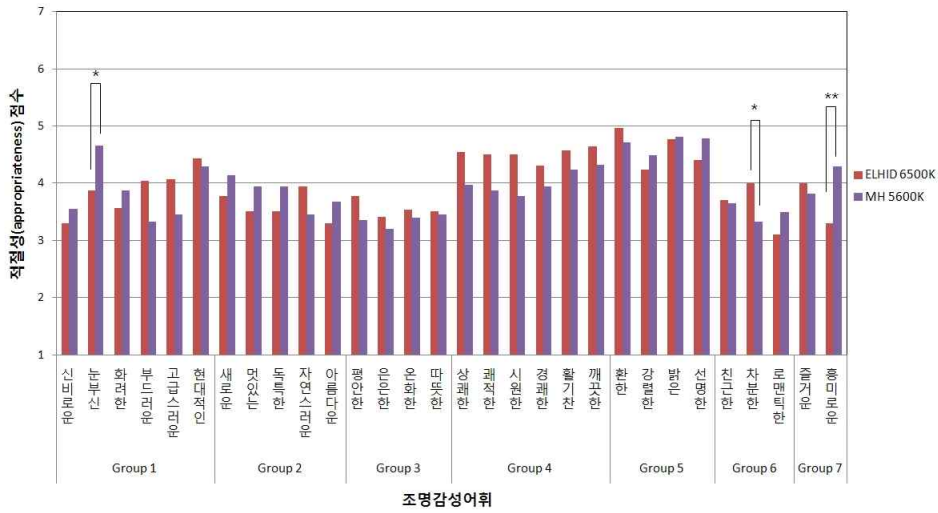


그림 4. ELHID 램프(6500 K)와 MHL의 감성평가 비교
 Fig. 4. Comparison of sensibility evaluation on ELHID lamp(6500 K) and MHL

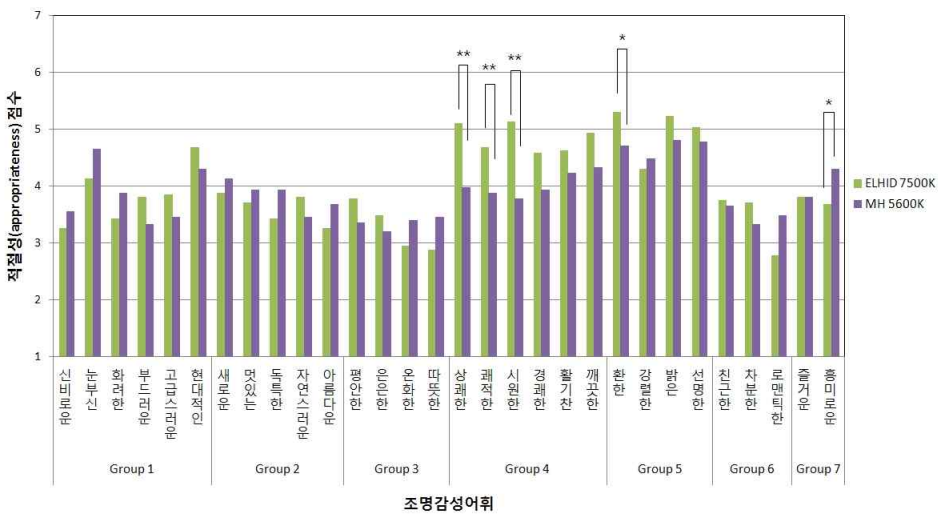


그림 5. ELHID 램프(7500 K)와 MHL의 감성평가 비교
 Fig. 5. Comparison of sensibility evaluation on ELHID lamp(7500 K) and MHL

p < .005], ‘선명한’[t (30)=4.680, p < .005]이었다.
 그림 4는 ELHID 램프 6500 K와 MHL에 대한 감성 평가결과를 비교한 것으로, ELHID 램프 6500 K가 유의하게 높았던 감성어휘는 ‘차분한’[t (30)=2.204, p < .05]이었고, MHL이 유의하게 높았던 감성어휘는 ‘눈부신’[t (30)=1.985, p < .05]과 ‘흥미로운’[t (30)=2.892, p < .05]이었다. 전체적으로 둘은 비슷한 조명감성을 유발하는 것으로 나타났다.

그림 5는 ELHID 램프 7500 K와 MHL에 대한 감성 평가결과를 비교한 것으로, ELHID 램프 7500 K가 유의하게 높았던 감성어휘는 ‘상쾌한’[t (30)=3.640, p < .005], ‘쾌적한’[t (30)=2.964, p < .05], ‘시원한’ [t (30)=3.694, p < .005], ‘환한’[t (30)=2.221, p < .05] 이었고, MHL이 유의하게 높았던 감성어휘는 ‘흥미로운’[t (30)=2.512, p < .05]이었다.

ELHID 램프들 사이에서는 대체로 7500 K와 6500

K에 대한 감성평가가 비슷하였고, 5500 K와는 차이를 보였다. 색 온도에 따라 적절성 점수에서 상이한 반응 패턴을 보여주었는데, ELHID 램프 7500 K와 6500 K는 cool white 특성을, 5500 K는 warm white 특성을 갖는 것으로 보인다.

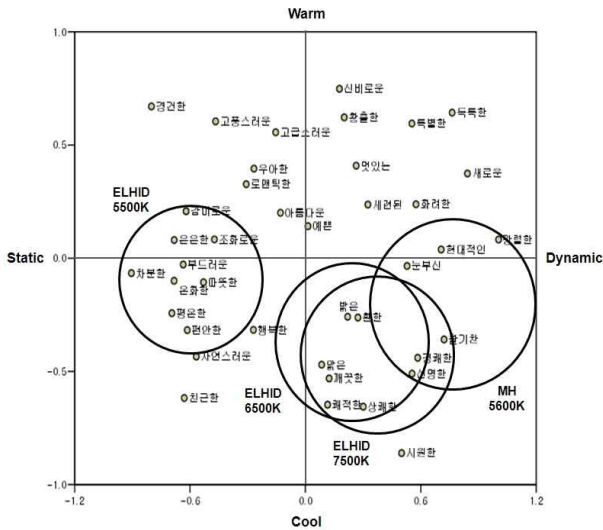


그림 6. 조명감성차원에서 시험광원들의 위치
Fig. 6. Loci of experimental light sources in the dimensions of lighting affectiveness

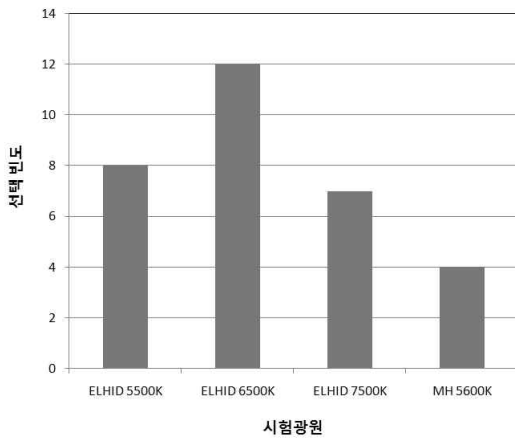


그림 7. 잔디색감에 유리한 광원선택 결과
Fig. 7. Result of grass color preference choice

이상에서 얻어진 각 시험광원에 대한 CCT 감성평가 결과를 Warm-Cool과 Static-Dynamic이라는 두 개의 차원으로 구성된 조명감성차원에 표시했을 때

각각의 위치를 그림 6에서 확인할 수 있다. 대체로 ELHID 6500 K와 7500 K의 영역의 거의 겹치고, MH 5600 K는 그것들과 약간 겹치지만 좀 더 Dynamic 한 쪽으로 치우쳐져 있다. 반면에 ELHID 5500 K는 나머지 시험광원들에 비해 훨씬 Warm과 Static 쪽으로 치우쳐 있다는 것을 알 수 있다.

마지막으로 그림 7은 인조잔디의 색감표현에 가장 유리한 조명을 선택하라고 했을 때의 반응결과이다. 그림과 같이 ELHID 램프 6500 K에 대한 선택빈도가 가장 높았고, 다음으로 5500 K에 대한 선택이 많았다. 반면에 MHL에 대한 선택빈도는 시험광원들 중에서 가장 낮게 나타났다.

4. 결 론

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 시험광원의 종류와 CCT에 따라 감성평가에서 차이가 있었고, 특히 HID 램프의 CCT에 따라서도 결과에 차이가 있었다. 둘째, ELHID 램프 6500 K와 7500 K에 대한 감성평가는 유사하였으나, ELHID 램프 5500 K는 그들과 차이를 보였다. 셋째, ELHID 램프 6500 K는 MHL과 비슷한 감성평가 경향을 보였고, ELHID 램프 7500 K는 MHL에 비해 ‘상쾌한’, ‘쾌적한’, ‘시원한’, ‘환한’ 조명으로 평가되었으며, ‘경쾌한’, ‘깨끗한’에서도 유의수준에 가까운 차이를 보였다. 넷째, 잔디 색감을 가장 자연스럽게 표현하는 조명으로는 ELHID 램프 6500 K가 가장 많이 선택되었다.

실험결과를 토대로 ELHID 램프가 가진 빛의 질과 색 온도에 의해 유발되는 감성을 언어적으로 기술하기에 적합하다고 판단되는 우리말 형용사 후보들을 선택하였다. 여기에는 MHL보다 CCT 감성평가에서 높은 점수를 받은 ELHID 램프 7500 K와 6500 K에 적용 가능한 감성어휘들인 ‘경쾌한’(cheerful), ‘깨끗한’(pure), ‘밝은’(bright), ‘상쾌한’(refreshing), ‘선명한’(vivid), ‘시원한’(cool), ‘쾌적한’(comfortable), ‘환한’(dazzling), ‘활기찬’(energetic)이 포함될 수 있다. 한편, ELHID 램프 5500 K에 적용 가능한 우리말 감성어휘들로는 ‘부드러운’(soothing), ‘평안한’(calming), ‘은은한’(soft), ‘온화한’(gentle), ‘따뜻한’(warm) 등이

된다.(괄호안의 대응영어단어)

본 연구의 결과는 ELHID 램프의 CCT에 관한 의미 있는 기초자료를 제공하였지만, 감성평가가 실제 설치 장소가 아닌 실내 환경에서 이루어졌기 때문에 그 결과가 실제와는 다소 차이가 있을 수 있다. 후속 연구에서는 이와 같은 제한점을 극복할 수 있는 환경에서 실험할 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

- [1] IESNA, The Lighting Handbook, 10th Edition, 2011.
- [2] Her, H. S., & Bae, Y. J., "Research on microwave discharged PLS", The Proceedings of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 18(1), pp. 29~33, 2004.
- [3] Hwang, M. K., Shin, S. W., Lee, S. H., & Kwon, K. T., "Electrodeless and mercury-free characterization of accelerated lifetime distribution for PLS lighting", Proceedings of KIIIE Autumn Annual Conference 2011, pp. 122~123, 2011.

◇ 저자소개 ◇



박현수 (朴顯秀)

1968년 5월 22일생. 2005년 2월 고려대학교 대학원 심리학과 졸업(박사). 2006~2008년 Essex대학교 심리학과 Senior Research Officer. 현재 LG전자기술원 수석연구원.



박병주 (朴炳珠)

1976년 5월 31일생. 2001년 2월 포항공대 대학원 물리학과 졸업(석사). 현재 LG전자 Lighting사업담당 책임연구원.



장우진 (張禹鎭)

1956년 5월 13일생. 1979년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1981년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 서울과학기술대학교 전기정보공학과 교수. 본 학회 명예회장.