

LED 면광원에서 LED 패키지 수량에 따른 휘도변화 특성

이태훈*, 최성대**.#

*동양산업(주), **금오공과대학교 기계시스템공학과

Characterizations of Luminance for Varied LED Based Surface Lighting Designs

Tae-Hoon Lee*, Seong-Dae Choi**.#

*Dongyang CO.LTD., **Department of Mechanical System Engineering, Kumoh institute of Tech.
(Received 10 December 2015; received in revised form 29 August 2016; accepted 3 October 2016)

ABSTRACT

Commercialization of surface lighting using Light Emitting Diodes (LED) has embraced the advance to Organic Light Emitting Diode (OLED) technology. This is necessary to achieve light-efficiency-improvement and longer component life. The range of application of LED lighting for both interior and outdoor lights has been gradually expanding. Automobiles and home appliances are now included. In the case of LED surface lighting in a domestic refrigerator, achieving high efficiency requires optimization of the number of LEDs in a pack. Optimization is also required in the design stage of development with regard to the conversion of the light source type from point light sources to the surface light type. This paper addresses these design problems. It presents a study of brightness variations for design solutions that differ from the existing technology in both the number of LED packages and use of Light Gathering Power (LGP) information. The intention is to facilitate production of high brightness LED surface lighting for domestic refrigerators.

Key Words : Lenticular LGP(렌티큘러 도광판), OLED(유기발광 다이오드), Brightness(휘도), Surface Lighting(면조명), LED(발광 다이오드)

1. 서 론

현재 세계의 연간 램프 사용량은 3천억개이며, 전세계 전력소비량 중에서 조명이 차지하는 비중이 20%이고, 조명사용으로 인해 연간 17억톤의 이산화탄소(CO₂)가 배출되고 있다. 지구온난화 방지를 위한 UN기후변화협약 중심으로 탄소 저감 노력이 점차 거세지고 있는 상황으로 볼 때 조명부문에서의 탄소절감은 그 중요도가 크다고 하겠다.

LED 조명은 고효율(lm/W)⁴⁾, 장수명, 디자인 자유도, 소형화, 자외선 무방출, 무수은 친환경, 진동, 충격에 강한 내구성 등에서 장점을 갖기 때문에 디지털 가전부문에서도 응용되어 지고 있다¹⁾. 현재의 냉장고는 본연의 냉장, 냉동 기능 이외에 감성 공학적인 측면 즉, 대형화에 따른 조명밝기 강화, 디자인 강화 등의 필요성으로 인해 대형냉장고를 선두로 해서, LED 면조명을 채택하려는 시도가 이루어지고 있다³⁾. 본 연구에서는 냉장고 내부용 LED 면조명에 있어서 휘도에 가장 큰 영향을 주는 인자로 알려져 있는 부품인 LED Package의 적용수량이 휘도에 미치는 영향을 분석하고, 최적의 LGP⁵⁾ 기구사양을 도출하는 것이다.

Corresponding Author : sdchoi@kumoh.ac.kr
Tel: +82-54-478-7396, Fax: +82-54-478-7319

2. LED 면조명의 사양

2.1 기존품의 구성

기존품의 내부용 LED 면조명²⁾⁶⁾은 Fig. 1(a)에 도시한 바와 같이 냉장고내의 뒤측벽 중앙에서 세로방향 형태로 위치해 있다. 칸칸의 선반에 끌고루 광을 조사시켜주기 위함이다. (b)는 점등된 상태의 실물 이미지로 외관적으로도 휘도가 낮아 어둡고, 백색 균일성이 떨어지며, 밝은 부분과 어두운 부분이 균집되어 나타나는 현상인 무라(Mura)가 심하여 품위가 떨어지는 문제점을 안고 있다.

기존품의 전체 Assembly는 Fig. 1(b)와 같다. 전체적인 형상은 통상의 면광원과 같이 판상구조이며, 외관 크기는 길이 680mm, 폭 80mm인 구조이다. 기존품의 기술구성을 Fig. 2에 나타내었다. 최하단부에는 4면에 Skirt형상으로 절곡되어서 내장 부품류를 개재시키고 보호하기 위한 White색상의 플라스틱 PC재질의 Cover Frame이 위치해 있다. White색상은 LED광이 후방으로 진행되는 부분을 전방방향 즉, 상부방향으로 반사시키는 반사판기능을 부여하기 위함이다. Cover Frame의 내측면에는 길이 방향으로 높이가 1mm인 Rib line이 형성되어 있다. 이는 Cover Frame 내면과 기구적으로 접촉되는 LGP (Light Guide Panel)를 면적축이 아닌 선접촉이 되도록 함으로서 LGP를 상기 Rib형상을 이용하여 부상시키기 위함이다. Cover Frame의 상단에는 전술한 LGP가 위치한다. LGP는 두께 3.0mm의 PMMA 또는 PC와 PMMA의 혼합성분의 고 광투과율을 갖는 투명구조이다.



Fig. 1 Lighting position of current product and lighting image

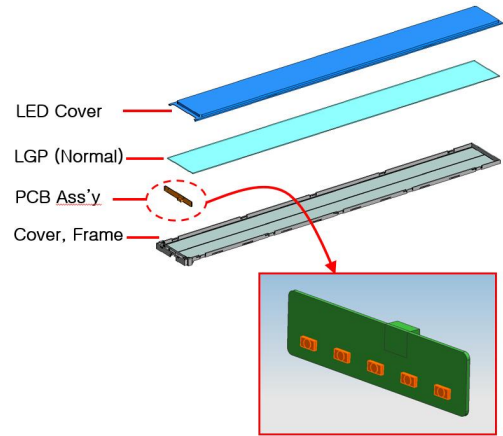


Fig. 2 3D parts drawing of current LED lighting for refrigerator

LGP의 하부면에는 LED로부터 출사된 광을 LGP면 전체로 안내시킨 광을 수직방향으로 출사시키기 위한 광산란 패턴⁷⁾⁸⁾이 Ink jet Printing공법으로 형성되어 있고 LGP의 상부에는 거울면 상태의 Flat한 면으로 구성되어 있다. LGP의 단변부 측단에는 5개의 LED Package가 실장된 PCB Ass'y가 LED Package와 LGP가 상호 대향되도록 위치하고 있고, LED Package와 LGP 두께방향 간은 물리적으로 중심이 일치되도록 하여 광학적으로 LED의 출사광이 LGP에 정확히 입광이 되도록 Align되어 있다.

LED와 LGP의 입광부간의 거리인 Optical Gap은 1~1.5mm 수준으로 유지되어 있다. Optical Gap은 LGP가 고온환경에서 열팽창이 되어 늘어날 경우 LED Package와 물리적으로 접촉되어 LED가 파손되는 것을 방지하기 위한 목적이다. PCB상에 실장된 5개의 LED Package는 등간격으로 배열되어 있으며, 이는 LGP 입광부로 입광되는 광량의 분포를 균일하게 가져가기 위함이다.

2.2 개선품의 구성

휘도향상과 휘도균일도 향상 이라는 광품위를 향상시키기 위한 개선품의 구조는 기본적으로 외형부분에 있어서는 기구적인 호환성을 확보하기 위하여 기존품과 동일하게 가져갔다. Fig. 4에 개선

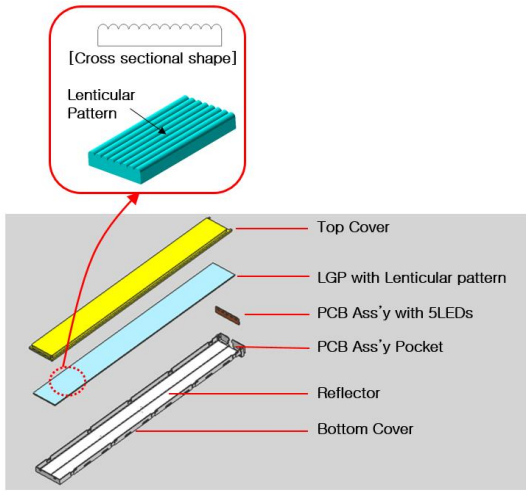


Fig. 3 3D drawing on parts of improved LED lighting for refrigerator

품의 Assembly된 3D Modeling 형상을 나타내었다.

Fig. 5는 개선품의 개별 구성부품에 대한 3D Design 정보를 나타내었다. 외형을 기존품과 동일하게 가져감에 따라서 최상층과 최하부를 이루고

있는 Top Cover와 Bottom Cover의 외부의 기구적 치수는 동일하다. 개선품에 있어서 설계 변경된 부분은 LED Package⁹⁾를 실장하고 있는 PCB Ass'y와 LGP이 사양이 그 핵심이라 하겠다.

LED Package의 사양은 그 적용된 수량과 소비전력(0.7Watts)은 기존품과 동일하다. LED Package의 사양에 있어서 큰 차이점은 기구적인 외형크기이다. 그 중에서도 높이 부분이다. Package 높이가 기존은 3.0mm인 반면 2mm로서 LGP의 두께 3mm 대비 1mm의 여유가 있다. 이 여유는 LED Package와 LGP입광부 간에 발생할 수 있는 Miss Alignment 오차를 ±0.5mm까지 흡수 가능하여 LED의 출광 빛을 손실없이 LGP의 두께 내에서 입광시킬 수 있게 된다. 개선품의 가장 큰 차이점은 LGP¹⁾에 적용된 기술이다. LGP의 두께는 3.0mm로서 기존품과 동일하지만, Fig. 5의 부분 확대도에서와 같이 Lenticular LGP를 적용한 것이다. LGP의 상면에 구형형태의 Lenticular 패턴이 LED광원의 진행방향과 평행한 방향으로 형성되어 있다. Lenticular 패턴의 치수는

Pitch 300 μ m, Height 70 μ m를 가진다. 이렇게 함으로서 LED의 출사된 광이 LGP의 길이를 따라서 진행될 때 광퍼짐이 최소화되고 광직진성이 개선되어 보다 먼 영역까지 도달할 수가 있다.

3. 실험방법

LED 면조명의 휘도변화 특성을 알아보기 위해서 앞에서 기술한 기존품과 개선품을 대상으로 각각 실험하였다. 두 시료 모두 LED Package가 5개가 적용되었으며, Package는 기구적인 크기 이외에 전기적인 사양은 동일하다. 이들 두 시료들에 대해서 LED package 점등개수별 휘도측정은 동일한 전류인가 조건으로 구동하였고, LED Array기판상의 실장된 Package의 점등순서는 Fig. 7과 같다. 점등 수량은 n=1부터 n=5까지 점등함에 있어서 LGP에 입광되는 광원의 대칭성 부여를 위해서 좌우 폭방향으로 대칭되게 순서를 정하여 점등시켰다.

휘도측정 계측장비로는 Konica Minolta사의 CA2000 Color Analyzer를 사용하였고, 시료의 면발광 영역에 대해서 Area scan방식으로 면전체의 휘도를 측정하였다. 한편 주변조명에 의한 시료의 휘



Fig. 4 Condition of the number of light on the LED packages



Fig. 5 Device zones for brightness measurement

Table 1 Measurement zones, size and points

Number of zones		Measurement points a zone	Total
Width	1 zone	50 points	50 points
Length	10 zone	10 points	100 points
Total	10 zone	500 points	5,000 points

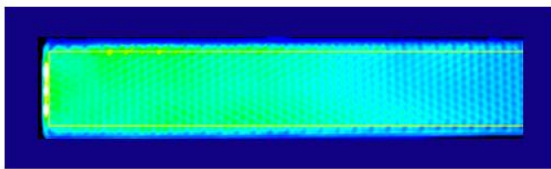


Fig. 6 Example of measured image data

도 측정값에의 영향을 제거하기 위하여 암실에서 측정하였다. 면조명 시료의 외형이 폭이 좁고 길이가 긴 횡장형의 형상을 갖고 있음에 따라서 Fig. 8에 도시된 바와 같이 길이 방향으로 10개의 zone로 구분하였다.

시료의 면조명 영역을 10개 Zone으로 구획 구분함에 따른 시료의 측정 간격 및 측정 Point수를 Table 1에 나타내었다.

휘도 측정 Point에서 측정되어 지는 값의 단위는 휘도 단위인 nit 단위이며, cd/m^2 와 동일한 단위이고, 평방미터 당 칸델라 값이다. 측정된 data는 Point 휘도값과 이들 Point 휘도값을 이용 측정자가 분석이 용이하도록 휘도 분포를 2D 또는 3D의 Graphic image로 나타낸다. Fig. 9는 측정된 값을 2D Graphic image로 나타낸 예시이다.

각 Zone당 얻어지는 500개 Point의 Data는 평균값을 취하여 그 Zone의 대표값으로 활용하였으며, 이와 같은 방법으로 각각의 LED Package 점등 수량별 면조명의 휘도값은 10개의 Zone의 평균값을 산출하여 취하였다.

4. 실험결과

4.1 기존품 측정결과

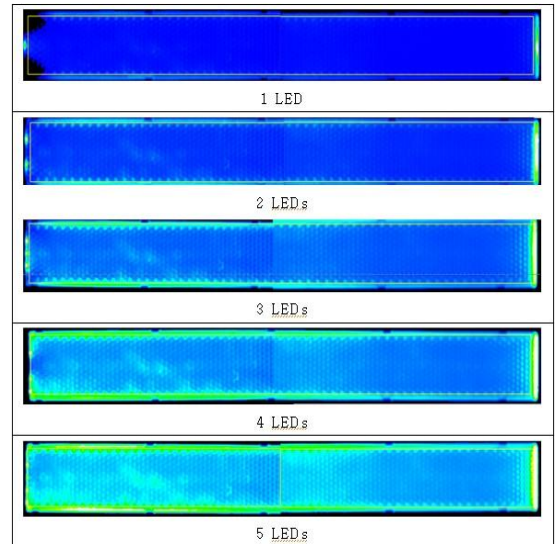


Fig. 7 Measured 2D images according to the number of LED on current sample

LED 점등 수량별로 10zone 5,000 Points로 Area Scan하여 측정된 Data들을 이용하여 2D Graphic image로 나타낸 결과를 Fig. 10에 나타내었다. Image가 White에 가까울수록 휘도가 밝은 것을 의미한다. 왼쪽의 입광부에서 오른쪽인 반대측단부에 이르기까지 Image 밝기가 유사하다. Image상에서 보면 LED 점등 수량이 증가 할수록 휘도가 증가함을 볼 수 있다.

Fig. 11에 기존품 면조명에 대한 LED 점등 수량별 각 Zone의 휘도를 나타내었다. LED 점등 수량 증가에 휘도 역시 증가하는 결과를 보였다. 이는 광원 Source 자체를 증가시킨 것이므로 예상되는 결과라 할 수 있으나, 증감을 측면에서는 LED 점등수량 증가 배수에 따라서 휘도도 배수로 비례증감하지 않는 것은 주목할 만한 것으로 볼 수 있다.

Fig. 11의 결과 data를 이용하여 Fig. 12에 LED점등수량에 대한 휘도변화를 나타낸 그래프로 볼때 LED 점등수량 대 휘도는 선형적으로 증가함을 관찰 할 수 있었다. 또한 각 휘도 Data에 대한 선형 회귀선식을 추적해 볼 때 휘도 Data가 큰 산포가 없이 선형 회귀선 근접함을 알 수 있었다.

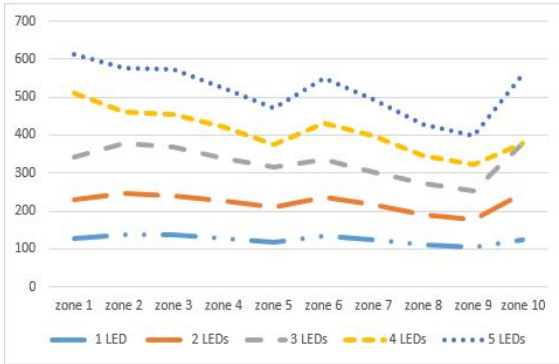


Fig. 8 Measured result on current sample

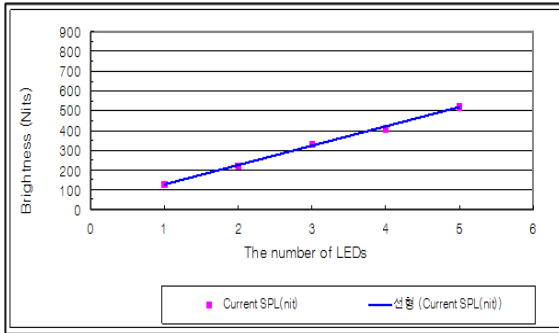


Fig. 9 Brightness variations of current sample according to the number of LED

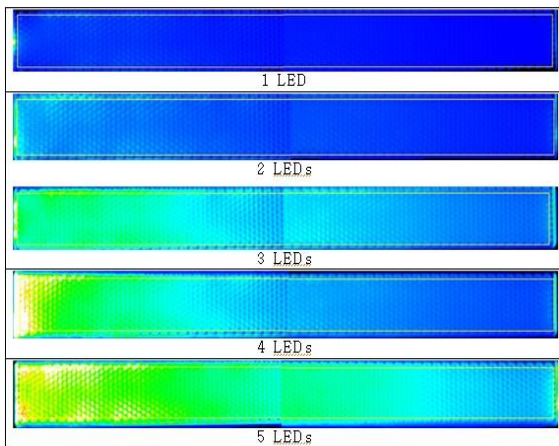


Fig. 10 Measured 2D images according to the number of LED on improved sample

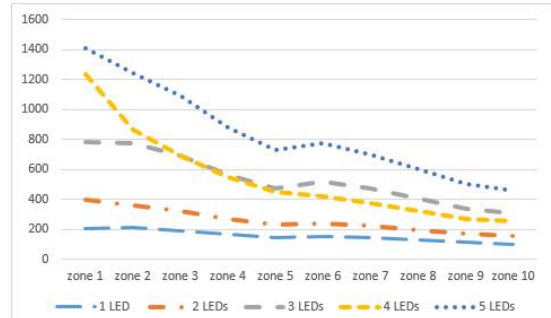


Fig. 11 Measured result on improved sample

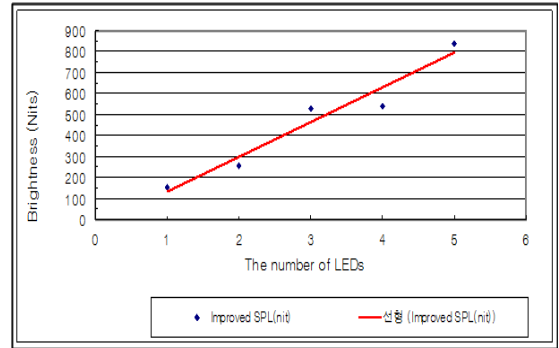


Fig. 12 Brightness variations of improved sample according to the number of LED

4.2 개선품 측정결과

Fig. 13에 개선품에 대한 LED 점등 수량별로 측정된 5가지의 2D image를 나타내었다. Image 밝기로 살펴보면 LED 점등 수량이 증가함에 따라서 밝기가 확연하게 밝아짐을 관찰할 수 있다. 특히 LED 점등 수량이 3~5개 일 경우는 그 이하 일 때 대비 확연한 차이를 나타낸다. 또한 Fig. 13의 기존품의 측정된 Image와 비교해 보면 Image 밝기에서 큰 차이를 보이고 있다. 개선품 면조명에 대해서 Fig. 14에 LED 점등 수량별 각 Zone의 휘도를 나타내었다. LED 점등 수량증가에 따른 휘도는 기존품과 동일한 경향으로 비례 증가하는 결과를 보였다. 절대 휘도 증가를 살펴보면 LED 점등 개수가 n=3과 n=5개 일 때의 휘도는 LED 수량이 증가되는 배수

Table 2 Comparison of two sample

	Brightness Av.		Improved / Current
	Improved sample	Current sample	
1 LED	154	125	1.2
2 LED	255	222	1.2
3 LED	532	329	1.6
4 LED	543	410	1.3
5 LED	839	519	1.6

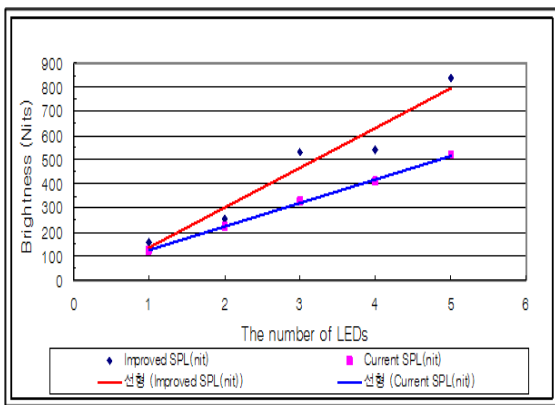


Fig. 13 Comparison of brightness variations between two samples

이상으로 각각 3.45배와 5.44배로 증가함이 차별화 되는 결과라 할 수 있겠다.

Fig. 14에 따른 LED점등수량에 대한 휘도변화 그래프는 Fig. 15에 도시하였다. 휘도는 역시 선형적으로 증가함을 관찰 할 수 있고, 증가한 절대값 및 기울기 역시 기존품 대비 큰 것을 알 수 있다. LED 점등 개수 n=5에 대한 휘도 Data로 선형 회귀 선식을 산출 했을 때 선형 회귀선으로 부터 휘도 대비 Data들이 기존품 보다 큰 산포를 보이지만 역시 선형 회귀선에 근접함을 알 수 있었다.

Table 2에 기존품과 개선품 면조명 Sample의 상호비교를 위하여 Zone 전체 평균값, 기존품 대비 개선품의 절대휘도 비율을 정리하였고, 그에 따른 그래프를 Fig. 16에 나타내었다. LED 점등개수별 휘도 Data에 있어서 5가지 모두 개선품이 높다. 증가율에 있어서도 개선품의 경우 n=3 및 n=5에서의

휘도는 n수 증가분 이상으로 높은 휘도를 나타낸 반면, 기존품에 있어서는 5가지 모두에 있어서 n수 증가분 이하로 결과를 보였다. 전체적으로는 개선 품이 기존품 대비 최소 1.2배에서 최대 1.6배까지 높은 평균휘도 나타내었다.

Fig. 16에 나타난 것과 같이 두 Sample 모두 비례증가 하나, 그 증가 기울기에서는 개선품이 큼을 알 수 있다. 두 Sample간 동일한 LED 점등수량 조건과 동급의 광도 즉, 광출력을 갖는 LED Package를 적용하였음에도 불구하고 이러한 차이를 나타낸 것은 LED Package이외의 휘도영향인자의 영향을 받았다는 것으로 볼 수 있으며, 이 영향인자의 광효율이 영향을 주었다고 할 수 있다. LED Package의 점광원 광출력을 면광원 영역 전체에 전달하는 과정에서의 광손실의 정도가 그 영향이라 할 수 있다. 본 개선품의 경우에는 광직진성을 향상시키는 Lenticular 패턴이 형성된 LGP가 주요 영향인자라 할 수 있겠다.

5. 결론

본 연구에서는 냉장고 내부용 LED 면조명에 있어서 휘도에 가장 큰 영향을 주는 인자로 알려져 있는 부품인 LED Package의 적용수량이 휘도에 미치는 영향을 분석하고, 최적의 LGP 기구사양을 도출하는 것으로 결과는 다음과 같다.

- 1) Lenticular 패턴의 형상은 Pitch 300 μ m, Height 70 μ m로 롤링사출방법으로 제작하였다.
- 2) LED 면조명의 휘도향상을 위해 길이방향의 Lenticular 패턴이 형성을 구성하였다. 개선품에 적용된 Lenticular 패턴이 LED 광특성을 직진성으로 나타냈으며, 이 직진성을 바탕으로 일판패턴보다 1.2~1.6배 정도의 휘도향상을 나타내었으며, 특히 길이가 긴 면광원에 효과가 큰 것으로 나타남을 알 수 있다.
- 3) LED 면조명의 휘도와 LED 수량에 대한 상관관계는 개선품에 있어서 LED 수량 증가분에 대하여 일정하게 증가하는 것을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. Lee, T. H., Choi, S. D., Hwang, J. M., "Study on optical characteristic by formed direction of lenticular pattern in LED Flat Lighting", Proceedings of the KSMPE Annual Autumn Conference, p 151, 2015.
2. Lee, T. H., Choi, S. D., Kim, Y. H., "Influences of Brightness Variations in Surface Light Source by LED", Proceedings of the KSMPE Annual Autumn Conference, p 144, 2014.
3. Yu, B. G., Lee, J. I., Chu, H. Y., "Trends of OLED Lighting Technology for Future Lighting", Electronics and Telecommunication Trends, Vol.26, No.6, pp. 190-198, 2011.
4. Lee, J. S., Kim, S. Y., Choi, J. M., Kim, B. S., "Analysis of Illuminance and Energy Efficiency when Applying LED Lighting in Apartment Houses", Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 27, No. 4, pp. 25-32, 2011.
5. Oh, S.W., Kim, N., Kim, E. S., Ahn, J. W., "Optimization of the Dual-layer LGP for Improving Luminance and Uniformity of Edge Type Back Light Unit", Korean Journal of Optics and Photonics, Vol. 21, No 6, pp. 247-253, 2010.
6. Lim, S. K., "Flat Lighting using 32" Flat Fluorescent Lamp", Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 9, No. 1, pp.61-66, 2010.
7. Choi, H. J., Je, T. J., Jeon, E. C., "Machining Technology of Aspherical Lens Core Mold for Large Area Light Guide Plate and Evaluation of Optical Property", Proceedings of the KSMPE Annual Spring Conference, p 73, 2015.
8. Park, J. S., Jeon, E. C., Ha, D. S., "Horizontal centrifugal casting process optimization using CAE", Proceedings of the KSMPE Annual Autumn Conference, p 94, 2014.11
9. Lee, S. H., Moon, H. J., Hue, S. B., Choi, S. D., "Development of LED Module Control-based PWM Current for Control of Heat-dissipation", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.14 No.6, pp.129~135, 2015
10. Hwang, J. D., Ko, D. S., "Development of a High Efficient LED System for the Plant Growth", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.13 No.4, pp.121~129, 2014.