

확산배광을 위한 가로등용 LED 2차렌즈의 제작 Machining of LED Secondary Lens for Road Light

*#주재영¹, 박순섭², 송상빈¹

*#J. J. Joo(jyjoo@kopti.re.kr)¹, Park Sun Sub², S. B. Song¹

¹ 한국광기술원, ² 한국생산기술연구원 호남권지원본부

Key words : Road Lighting, Injection Molding Analysis, Illumination Optics

1. 서론

광추출 효율의 극대화와 패키징 기술의 발전으로 형광체를 이용한 백색 LED 기술은 최근 급속도 발전하고 있다. 이러한 기술의 발전은 고효율 LED 조명제품이 일상생활에 급속하게 파고들게 만들고 있으며, 특히 도로조명 및 자동차 전장용 조명광원에 적용이 확대되고 있다[1].

도로조명용 LED 조명은 광원에서 추출된 광을 2차렌즈 혹은 반사판을 이용하여 도로 규격과 조건에 맞는 광도분포, 즉 특정한 지향각으로 원하는 광도 분포를 갖게 배광분포를 제어하여 분포시켜야 한다.

이러한 2차광학계의 설계 및 제작에 대해 최근 다양한 연구가 진행되어 오고 있으며, 특히 렌즈 부분의 연구가 두드러지게 진행되었다 [2].

도로조명용 LED 이차광학계의 성능을 결정하는 요소는 설계, 금형 제작, 성형의 정확도이다. 본 논문에서는 이들 세 인자의 관계를 설계에 반영한 도로조명용 LED 이차광학계의 설계 예시 및 그 제작결과를 살펴보고자 한다. 특히 성형 해석을 통해 나타난 변형결과를 알아보고 이를 설계에 반영하여 형상정밀도를 최소화 하기 위한 기법을 제시하고자 한다. 이러한 형상정밀도의 정확성은 궁극적으로 도로조명의 조명율을 향상시켜 더 적은 에너지로 동일한 성능을 발휘하게 할 수 있게 해줄 것으로 기대한다.

2.2 차렌즈의 조명광학 설계

2차렌즈의 설계 기법은 다양한 방법론이 제시되었으며, 본 논문에서는 Simultaneous Multiple Surfaces (SMS)기법을 적용하여

도로조명용 2차렌즈를 설계하였다[2].

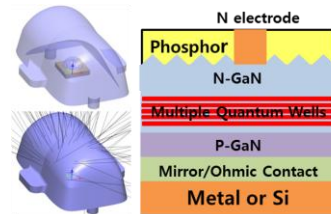


Fig. 1 Modeled street lighting lens (left) and schematic of modeled LED chip(right).

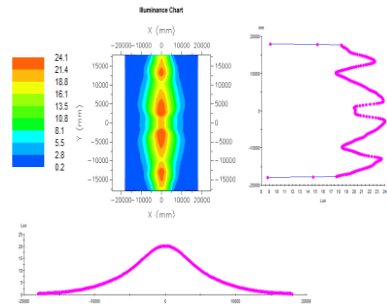


Fig. 2 Lighting performance of designed Lens

전산모사를 통해 LED 조명광학계를 설계하기 위해서는 광원의 전산모사가 2차렌즈의 설계 만큼이나 중요하다. 일반적으로 LED 를 점광원으로 간주하고 측정된 광도분포를 LED 칩의 상면의 모든 지점이 동일한 광도분포를 가진다는 가정하에 면광원을 정의하는 Apodization 기법이 적용되고 있다. 그러나 본 논문에서는 설계의 정확도를 부여하기 위해 모든 LED 빛이 칩내부의 양자우물 (Multi Quantum Wells)에서 발광하는 체적광원으로 정의하고 이를 전산모사를 통해 LightTools 소프트웨어에서 모델링하였다. 그림 1. 전산모사된 LED 칩과 2차렌즈의 계략도이며, 그림 2는 설계된 렌즈의

광학성능을 나타낸 그림이다.

2. 제조공정을 반영한 2 차렌즈의 설계

설계된 2 차 렌즈는 제안된 임의의 도로조명기준을 만족시켜야 하며, 만족된 3 차원 형상은 사출성형해석을 통해 굴절을 변화와 수축을 고려하여 다시 전산모사를 통해 그 성능의 감소와 제품 성능기준치를 변화를 분석한 후 도로조명기준을 만족하면서도 최대한의 조명율을 만족시키는 형상으로 최적화 되어 몰드가공을 위한 3 차원형상데이터로 만들어 졌다. 그림 3 은 제조공정을 반영한 2 차렌즈 설계과정을 나타낸 도표이며 Table 1.은 성형해석 시 설정된 파라미터이다.

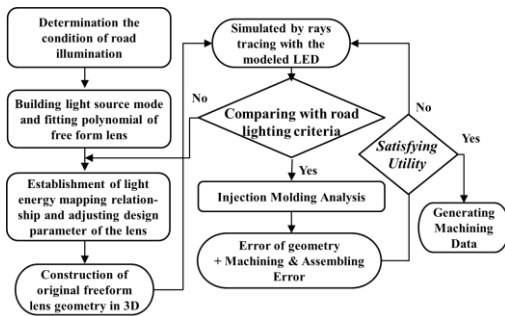


Fig. 3 Design Procedures of street lighting lens.

Table 1 Parameters of Injection Mold Analysis

Resin	Temperature(Resin/Mold)	Time(packaging/cooling)
Tanjin	280°C/95°C	3sec/8sec

3.2 차렌즈 제조 및 성능 평가

설계된 렌즈 금형은 5 만 rpm 이상의 고속가공기로 황삭, 중삭, 정삭을 거쳐 가공하였다. 그림 4.는 제조된 렌즈를 Meatal PCB 위에 안착시킨 사진(a)과 고니어미터로 측정된 광학성능데이터(b) , 도로조명 조건에 맞는 휘도기준의 조명성능을 보여주는 그림(c)이다. 아스팔트 도로노면에 36m 간격으로 12 m 의 가로등주를 위치하였을 때, 조명의 유지보수율을 0.8 로 가정하면 평균적으로 M3 등급, 평균조도 16 lx 의 성능을

가지는 도로조명기구를 제작하였다.

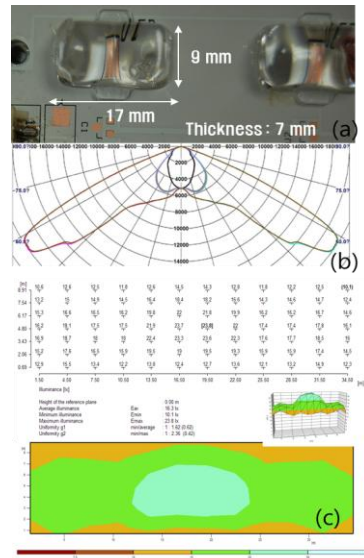


Fig. 4 Manufactured lens and its optical performance with Cree XP-G series LED; 광속 : 12260 lm, 연색성 : Ra = 82, 색온도 : 4524 K.

3. 요약

본 논문에서는 도로조명용 LED 이차광학계의 제조공정에서 발행하는 형상오차를 설계에 반영하여 제작 후 형상 정밀도를 높여 궁극적으로 도로조명의 조명율을 향상시키는 방법을 제시하였다. 이를 통하여 동일한 에너지를 소모로도 더 높은 광밀도를 가질수 있는 LED2 차렌즈의 제조방법을 제시하였다.

본논문은 R&D 프로그램[MKE/KEIT [No. 10039235, 국제 표준 선점을 위한 LED 기반 가로등/보안등용 엔진 개발]에 의해 지원되음.

참고문헌

1. S. Liu, and X. B. Luo, Design of LED Packaging for Lighting Applications (John Wiley and Sons), 2009.
2. P. Benítez, J. C. , et all, “Simultaneous multiple surface optical design method in three dimensions,” Opt. Eng. Vol. 43, pp. 1489–1502, 2004..