



그림 3 및 표 1 는 선정된 1W급 고효율 LED의 배광분포 및 규격을 나타낸 것이다.

### 2.2.2 LightTools을 이용한 고효율 LED 모델링

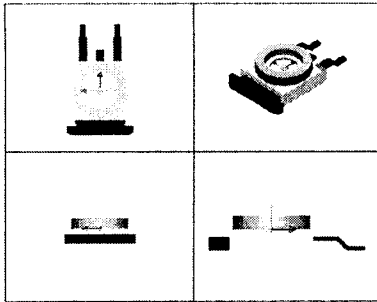


Figure 4. Modeling of a high-power LED using Light Tools.

그림 4는 그림 2를 바탕으로 AutoCad와 LightTools을 사용하여 모델링을 한 것이다.

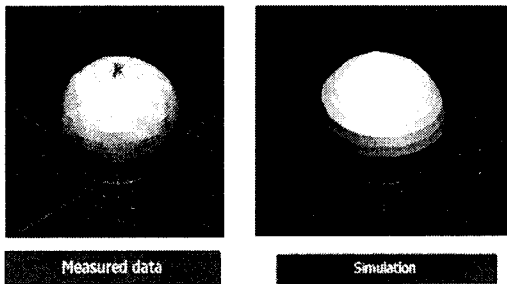


Figure 5. Far-field pattern of a high-power LED.

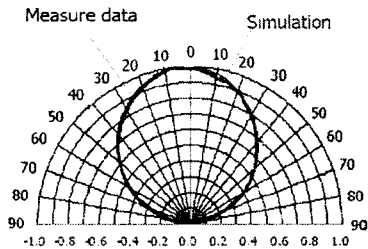


Figure 6. Comparison of radiation patterns between measurement data and simulation results.

그림 5 및 6은 그림 2와 표 1의 규격을 토대로 모델링한 LED와 실제 고효율 LED의 far-field 패턴 및 배광곡선을 비교한 것이다.

LED Source의 Modeling은 전체 실험의 신뢰성에 가장 큰 영향을 미치는 요소이므로 배광 및 광속, 색온도 등이 실제 LED와 최대한 근사한 값을 갖도록 해야 하는데, 이상의 두 그림으로부터 이 점을 확인하였다.

### 2.3 광학렌즈 재료의 광학적 특성

본 연구에서 자동차용 독서등 광원으로 사용하고자 한 고효율 백색 LED는 Blue+YAG 형태로 입력전류, 각도별 및 파장대별 색좌표, 광도분포가 균일하지 못하기 때문에 파장대별 굴절률의 변화가 작은 렌즈 재료의 선택이 필요하다. 광학렌즈를 설계함에 있어 가시광 영역의 투과율이 우수하고 파장대별 굴절률의 변화가 비교적 적으며 가공이 용이한 아크릴(PMMA)을 채택하였다. PMMA의 광학적 특성은 표 2와 같고 파장대별 굴절률

의 변화, 재료별 광선 투과율은 그림 7, 그림 8과 같다.

Table 2. Optical properties of PMMA

투과율 (%)	흡수율 (%)	반사율 (%)	굴절율 (%)
92	0.3	7.7	1.49

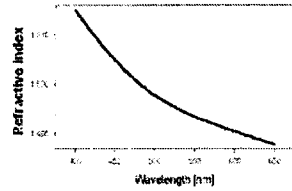


Figure 7. Variation of refractive index of PMMA as a function of wavelength.

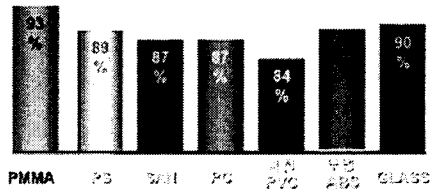


Figure 8. Comparison of transmittance values between PMMA and other materials.

### 2.4 광학렌즈의 시뮬레이션

#### 2.4.1 측면 경사도 변화에 따른 광도 변화

고출력 LED에서 넓은 각도(110°)로 방출되는 빛을 상부로 집광시키기 위해서는 전반사법칙(Total Internal Reflection)에 의해 렌즈 측면에서 빛의 손실이 생기지 않도록 하는 것이 중요하다.

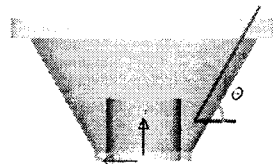


Figure 9. Slope angle of the side wall of the lens,  $\theta$ .

그림 9에 표시된 측면 경사도에 따라 광출력 지향 패턴이 결정되기 때문에 측면경사도 변화에 따른 광도 변화를 우선 측정하였다.

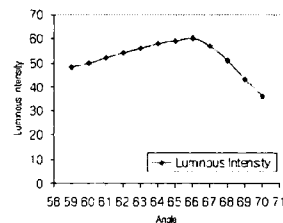


Figure 10. Variation of luminous intensity according to the slope angle of the side wall of the lens.

그림 10에서 보는 것과 같이 측면 경사각을 60~70°까지 변화하여 시뮬레이션 테스트한 결과 66°부근에서 자동차 룩업 배광기준에 만족하는 경사도를 찾을 수 있었다.

#### 2.4.2 중심부 렌즈 곡률 변화에 따른 광도 변화

빛의 방향을 집광시키기 위해 중심부 렌즈의 곡률을 변화해 가며 광도 변화를 측정하였다.

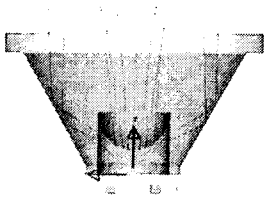


Figure 11. Result of ray tracing according to the variation of the radius of curvature of the centered lens.

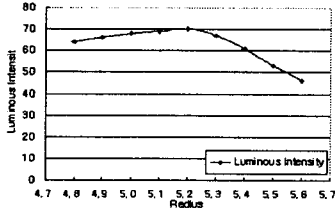


Figure 12. Variation of luminous intensity as a function of the radius of curvature of the centered lens.

렌즈 중심부 곡률반경을 변화해 가며 테스트한 결과 위의 그림 12와 같이 곡률반경 5.2에서 가장 높은 집광 효율을 알아낼 수 있었다.

#### 2.4.3. 상부 개구부 유무에 따른 광도 변화

렌즈 상부 개방 여부에 따른 광도의 변화 및 조사면의 지향 특성 변화를 측정하였다. 시뮬레이션 결과 그림 13과 같이 원통형 개구부가 있으면 중심부 조도값이 91 lx로 줄어 들었으며, 조사면의 면적 또한 400[mm] 원의 형태로 나타났다.

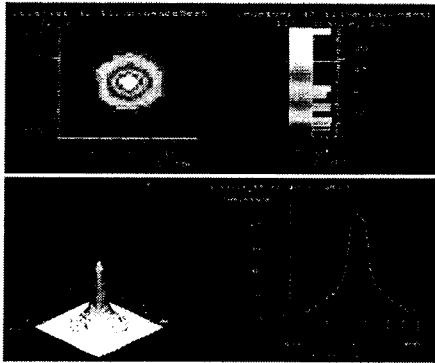


Figure 13. Illuminance analysis for the case of a lens with an opening.

#### 2.5 광학렌즈 유무에 따른 조도 변화

이상의 결과를 토대로 고효율 LED와 광학렌즈를 채용하여 그림 1에서 표시한 바와 같이, 광원에서 수직으로 500[mm] 떨어진 거리에서 지름 400[mm]인 조사면의 조도분포를 측정하여 그 결과를 그림 14에 나타냈다. 이 결과에 따르면, 렌즈를 사용하지 않을 경우, 중심부에서

는 60 lx 이상, 조사면의 가장자리에서 20 lx 이상의 조건을 만족하지 못하지만, 렌즈를 사용할 경우 상기 독서등의 기준을 만족함을 알 수 있다.

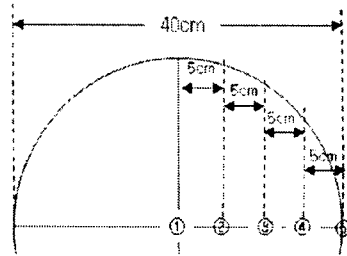


Figure 14. Positions under illuminance test.

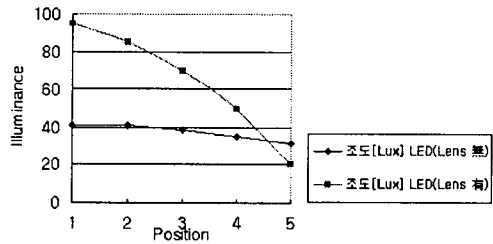


Figure 15. Comparison of illuminance distributions at the test positions between the cases with and without the lens.

### 3. 결 론

본 연구에서는 자동차의 독서등에 알맞은 고효율 LED용 광학렌즈 설계하였다. 광학렌즈 재료의 광학적 특성을 분석하고 렌즈의 측면 경사도(θ) 변화, 중심부의 렌즈 곡률 변화, 상부 개구부 유무 등에 따라 시뮬레이션 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 넓은 시야각을 갖는 1W 고효율 LED를 이용하여 점등하는 경우 조사면 중심부에서의 조도가 자동차 독서등 기준을 만족하지 못하지만, 본 연구에서 검토된 광학렌즈를 채용하면 조사면의 중심부는 물론 가장자리 부분까지 조도기준을 만족하여 국부조명용으로서 LED 독서등에 적용이 가능하다는 것을 보였다.
2. 자동차 독서등 렌즈 설계에 대한 기반을 마련하고 이를 바탕으로 다양한 시뮬레이션을 통한 디자인을 할 수 있게 된다면 조사면의 불균일과 빛의 산란으로 인한 눈의 피로를 줄일 수 있고 크게 원가절감을 할 수 있을 뿐만 아니라 항공기용, 철도용, 간접 조명용으로도 적용 가능하게 될 것이다.

이 연구는 산업자원부지정 전남대학교 고품질전기전자 부품 및 시스템 연구센터 연구비의 일부 지원에 의해 연구되었음.

#### [참 고 문 헌]

- [1] E. F. Schubert, "Light-Emitting Diodes", Cambridge, pp. 89-98, 2003.
- [2] KSA한국표준협회, "KS 렌즈북 조명" pp. 218-243, 2000.
- [3] 이창보 외 4인, "고휘도 LED에 대한 광학 설계법에 관한 연구", 2004 한국 조명·전기설비학회 학술대회 논문집, pp. 141-144, 2004.