

# Multi-Color Chip-LED용 어레이 렌즈 개발에 관한 연구

최병기\*, 장경천<sup>+</sup>, 이동길<sup>++</sup>

(논문접수일 2007. 1. 3, 심사완료일 2007. 3. 6)

## Development of Array-Lens for Multi-Color Chip-LED

Byung-Ky Choi\*, Kyeong-cheun Jang<sup>+</sup>, Dong-Gil Lee<sup>++</sup>

### Abstract

The purpose of this research is to enhance the luminance of the LED and to improve the implementation of color by mounting an array lens on the LED without special technology in process. The workmanship of key components considering the economical efficiency and the injection molding technology for high quality of the product are essential to achieve it. In this paper, the mold was computer-aided was designed and manufactured by CAM software(NX4) and high speed machining center. the applied final machining conditions were 3,000-5,000mm/min feed speed, 15,000-25,000rpm and  $\Phi 0.3$ mm ball end-mill. And the Flow analysis was performed using the mold flow software(MPI) in order to get uniformity of resin. Injection conditions acquired by the flow analysis and the injection experiment are as follows. The cylinder temperature is 220-260 $^{\circ}$ C, the mold temperature is 70-80 $^{\circ}$ C, the injection time is about 1.2sec, the injection pressure and velocity is each 7.8-14.7Mpa, and the injection velocity is 0.8-1.2m/sec.

**Key Words** : Array Lens(어레이렌즈), Injection Mold(사출금형), Flow Analysis(유동해석), Injection Pressure(사출압력), Injection Time(사출시간), Mold Temperature(금형온도)

### 1. 서론

LED(Light Emitting Diode)는 실리콘 반도체와는 달리 여러 가지 화합물을 웨이퍼 상에 혼합 성장하는 반도체 소자로서 전기 에너지를 빛 에너지로 변환하는 기능을 가진 소자이

다. 또한, 전력 소모가 아주 작으면서 수명은 전구에 비해 30배 이상 긴 장점을 활용, 차세대 에너지 절약 광원으로 각광을 받고 있으며, 최근에는 LED의 한계였던 휘도 문제가 크게 개선되어 이동통신 단말기 및 LCD의 Back Light를 비롯해 조명등, 전광판, 교통신호등, A/V기기, 자동차 등 그

\* 조선대학교 기계공학과  
+ 교신저자, 한국생산기술연구원 (kejang@kitech.re.kr)  
주소: 506-302 광주광역시 광산구 월계동 첨단우체국 사서함1호  
++ 한국생산기술연구원

용도가 매우 다양하다.

일반적으로 LED를 이용하여 자연색과 같은 백색을 나타내는 방법에는 형광체를 사용하는 LED와 RGB LED를 이용하는 방법이 있다. 전자는 청색 및 자외선 LED에 YAG와 같은 형광체를 이용하는 방법으로서 형광체에 의한 광출력의 손실이 생기는 단점이 있으며, 이에 반하여 RGB LED는 형광체를 쓰지 않기 때문에 형광체에서의 광출력손실이 없다는 장점을 가지고 있다<sup>(1)</sup>. 그러나 RGB LED를 이용하여 전구를 설계하였을 경우, LED의 위치에 따라 광선의 진행경로가 달라지므로 색혼합에 어려움이 생긴다는 단점이 있다. LED 렌즈에 관한 연구에는 LED 패키지를 위한 사각형상의 마이크로 렌즈, 광소자용 미소렌즈 제작을 위한 GaAs/AlGaAs계 액상 식각 및 에피택시 및 시뮬레이션에 대한 연구 등이 있다<sup>(2-4)</sup>.

Multi-Color Chip-LED는 기존 LED보다 적은 공간을 차지하며 PCB기판상에 바로 실장이 가능하며 공간점유율이 적으며 다색을 표현함에 있어서 기존 순차점멸식 LED와는 달리 빛의 삼원색인 Red, Green, Blue의 동시점멸에 의해 자연색에 가까운 색을 표현할 수 있는 초소형의 차별화된 상품으로서 현재 초소형사이즈 구현에는 많은 어려움이 있는 상태이다. 또한, LED의 기술적 추이가 고휘도 및 고효율화, 소형화 및 RGB칼라의 완전 구현화 등으로 집약될 수 있으나 이를 위해서는 고도의 기술 및 공정이 수반되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 렌즈를 LED 위에 장착시키어 특별한 공정상의 기술 없이 기존 LED의 휘도를 높이며, 칼라의 구현성을 높일 수 있는 제품개발이 목적이며, 이러한 목적을 달성하기 위하여는 경제성을 고려한 무사상 핵심부품 제작 기술과 고품질의 제품을 얻기 위한 사출성형기술이 필수적이므로 이에 대한 고찰을 실시하였다.

## 2. 실험방법

사출에 사용한 렌즈의 재료는 MMA(Methyl Meth Acrylate) Monomer를 주원료로 하는 아크릴 수지로서 MMA와 MA 또는 MMA와 EA로 공중합하여 생산되고 있는 PMMA (Poly Methyl MethAcrylate, LG Chemical, IH830 Grade)를 사용하였다. 이 수지는 내열 Grade로 사출 Grade중 내열성, 기계적 강도 및 내스크래치성이 가장 뛰어나다. 또한, 일반적인 수지에 비하여 약 93% 이상의 뛰어난 투과성과 함께 내후성이 우수하며, 우수한 착색성 및 아름다운 외관 구현이 가능하므로 Tail Lamp, 기타 자동차 부품, Reflector 및 조명기기 등에 널리 사용되어 지고 있다.

Table 1과 2는 사용된 수지의 물리적 성질 및 기계적 성질

Table 1 Physical properties of the IH830

	Value	Unit
Melting index	3	g/10min
Specific gravity	1.183	-
Absorptivity	0.3	%
Forming contractile rate	0.2~0.6	%

Table 2 Mechanical properties of the IH830

	Value	Unit
Tensile Strength	74.0	MPa
Elongation	14	%
Bending Strength	131.3	MPa
Bending Modulus	3257.1	MPa
Rockwell Hardness	98	-

을 각각 나타내고 있다.

본 연구에서 고찰한 Multi-array형태를 갖는 매우 작은 크기의 수많은 fly-eye에 대한 가공은 종래의 선삭가공으로는 불가능하므로 이러한 형상에 대한 구현을 고속가공기술과 CAD/CAM을 이용하여 금형을 제작 후 제품의 광학적 휘도 등에 대한 고려하여 폴리싱을 실시하였다. 또한, 사출성형 전처리로서 수지를 80~90℃에서 약 4~6시간을 열풍건조를 실시하였으며, 사출조건의 최적화 도출을 위해 유동해석을 선행 후 실제의 사출시험에 적용하여 성형품의 강도와 밀도를 균일하게 최적화할 수 있는 조건을 도출하였다.

## 3. 설계 및 제작

Fig. 1은 최종적으로 성형할 렌즈의 형상을 나타내는 도면

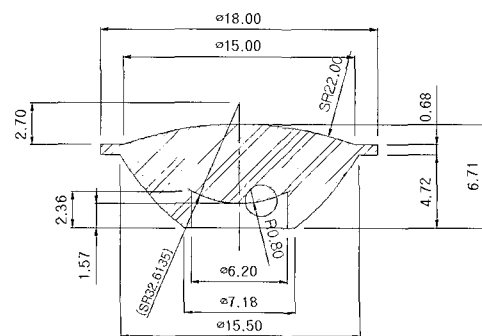


Fig. 1 Geometry of the lens

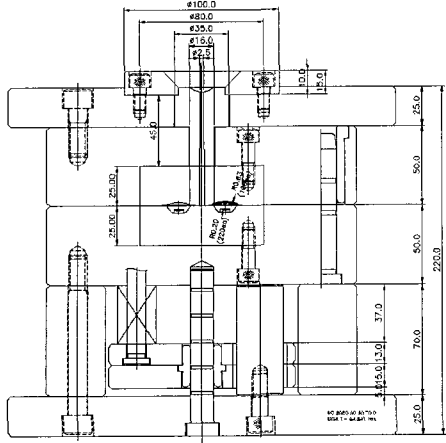


Fig. 2 Drawing of the mold for the lens

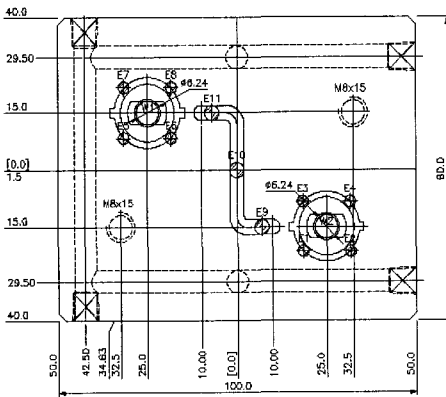


Fig. 3 Lower core of the mold

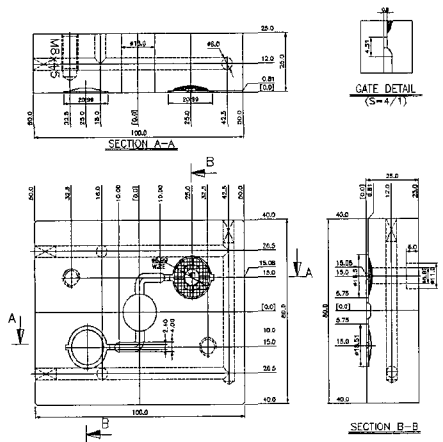


Fig. 4 Upper core

으로서 렌즈 하나의 외곽치수는  $\phi 18.00 \times 6.71$ 이며, 렌즈의 외면의 곡면부는 SR22 및 SR6.52로 이루어지고 내부의 fly-eye는 SR0.80으로서 256개가 배열되는 구조를 나타내고 있다.

Fig. 2~4는 제품을 사출하기 위한 설계도면 중 대표적인 전체조립도, 상코어 및 하코어를 나타내고 있다. 이와 같은 금형설계는 일반적으로 제품의 장점과 개발방향 및 제작에 대한 효율적인 공정설계 등을 종합적으로 고려하여 제작이 되어야 하므로 이를 충족하기 위해서 설계 시 다음의 기술요건이 고려되었다.

- 제품의 개발요건인 고품위 경면 제작 가능성
- 가공프로세스의 최소화
- 입사동과 출사동의 공차에 부합하기 위한 치수관리
- 고속가공을 위한 장비사양 및 툴의 적절성
- 코어치수 및 재질선정
- 최적의 사출을 위한 금형몰드베이스의 선정

금형가공을 위한 CAD/CAM작업은 고속가공 조건에 최적의 금형모델링과 가공프로그램작성을 위한 조건을 제시함으로써 가장 효율적인 제품생산을 위한 금형코어의 제작에 CAD/CAM기능을 활용하였다. 또한 고속가공(TOSHIBA, ASV650T)에서도 세미 피니싱은  $\phi 1.0$  볼엔드밀을 사용하고 최종 마무리 가공은  $\phi 0.3$  과  $\phi 0.6$  볼엔드밀을 사용하고 주축회전은 15,000~25,000rpm을 부여하고 이송속도는 3,000~5,000 mm/min을 적용하여 고품위 고속가공을 실현하였다.

Fig. 5는 상코어의 최종적인 가공을 위한 공구(직경 1.0mm, R0.5) 경로 해석 등의 CAM작업을 나타내는 대표적인 그림이며, Fig. 6은 해석된 프로그램에 의하여 실제적으로 가공

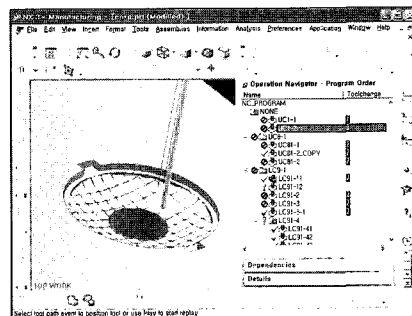


Fig. 5 CAM programming for the upper core

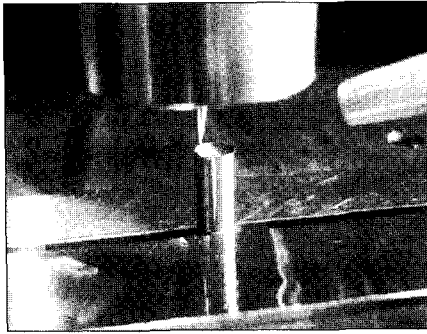


Fig. 6 Machining by high speed milling machine

되고 있는 코어의 사진을 나타내고 있다.

위와 같은 절차에 의하여 가공한 결과, 금형 형상부의 치수공차는  $20\mu\text{m}$  이내로서  $Ra0.065$ 의 조도를 보였다. 또한 사출 시 매우 중요한 인자로서 입사동과 사출동의 중심편차는  $10\mu\text{m}$  이내의 매우 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

#### 4. 성형 및 평가

성형품 품질의 양부(良否)에 영향을 주는 대표적인 성형 조건으로서는 용융수지 온도, 사출속도와 사출압력, 균일한 냉각 등이 있다. 이러한 조건들의 최적화는 성형품의 형상, 크기 및 사용재료 등 수많은 변수에 따라 성형성이 변하므로 복잡하게 된다<sup>(5)</sup>.

따라서 본 연구에서는 우선 사용할 수지인 IH830에 맞는 온도조건의 범위를 결정하고 결정된 온도범위 내에서 온도와 압력 그리고 속도를 선정하는 방식을 택하였다. 또한, 이들 모든 조건을 임의로 설정하는 것은 곤란하므로 최적의 사출조건을 도출하기 위하여 일정한 온도에서 저압이나 고압 그리고 저속 또는 고속의 조합, 일정한 압력에서 고온이나 저온 그리고 고속 또는 저속의 조합 및 일정한 속도에서 고온이나 저온 그리고 저압 또는 고압의 조합 등의 조건변화를 시도하며 조건의 최적화를 도출하였다. 또한 유동해석을 통하여 사출조건을 일단 도출한 후 실제적인 사출을 통하여 최적화를 얻었다.

우선 실린더 온도는 수지의 유동성에 크게 영향을 미치며, 낮으면 성형품에 배향현상이 강하게 나타나며, 높으면 유동저항은 적어지나 수지의 열분해를 일으킬 우려가 있었다. 따라서 배향에 큰 영향을 미치지 않으면서 충전이 용이한 실린더의 온도조건을 살펴보기 위한 해석을 수행하였으며, Fig. 7은 그 결과를 나타내고 있다. 이 그림에서 나타난 바와 같

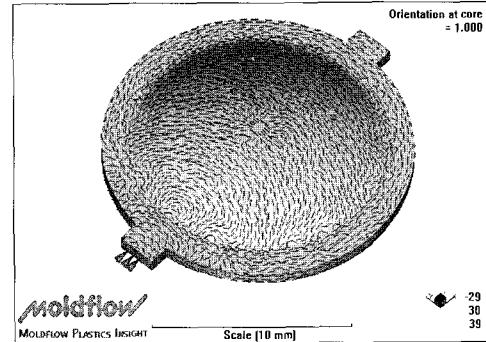


Fig. 7 Epitaxy according to the mold temperature

이 렌즈의 중심을 기준으로 대칭성을 유지하면서 균일한 배향을 가질 수 있는 실린더 온도는 약  $240^{\circ}\text{C}$  이상이었으며, 실제 사출 시험한 결과 최적의 실린더 온도는  $220\sim 260^{\circ}\text{C}$ 로 판단되었다.

일반적으로 사출압력 및 사출속도는 크게 하는 것이 바람직하며 사출속도를 빠르게 하는 것은 본 연구에서 사출하고자 하는 렌즈와 같이 특히 얇은 제품의 성형 시에 중요하다고 판단되어<sup>(6,7)</sup> 다소 높은 압력과 속도부터 단계적으로 낮추어 가며 시험한 결과 최적의 사출압력은 약  $7.8\sim 14.7\text{MPa}$ , 사출속도는  $0.8\sim 1.2\text{m/sec}$  정도의 범위에서 캐비티 내에서의 수지온도 및 성형품의 강도와 밀도를 균일하게 하며 표면광택이 좋고 성형수축을 적게 할 수 있었다.

금형온도의 설정을 위한 해석은 가능한 높게 하고 균일한 조건으로 수행하여 용융된 고온의 수지를 금형내에 신속히 충전하여 이것을 균일한 속도로 냉각 고화시키는 것이 방식으로 수행하였다. 그 이유는 높은 금형온도의 설정은 수지의 유동저항을 줄이고 배향이 작게 되며 잔류응력도 작으며 성형품의 표면 광택이 향상되는 효과를 얻기 위함이었다. 그러나 실제적인 사출 시에는 금형온도를 높게 설정하면 성형수축률이 크게 되어 싱크마크의 생성과 성형 사이클이 연장되므로 반복시험을 통하여 최적 금형의 온도를 도출한 결과  $70\sim 80^{\circ}\text{C}$  정도의 범위로 판단되었다. 이 때 금형온도 조절기의 사용 및 금형의 냉각수 출구와 입구의 온도차가  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  이내가 되도록 유량을 조절하여 수행하였다.

사출시간은 성형품의 형상과 크기에 따라 다르지만 완전한 충전과 외관상의 제품 품질에 의해 결정된다. 일반적으로 평판상의 얇은 제품은 휘어지기 쉬우므로 사출시간을 짧게 하고 두꺼운 제품은 싱크마크나 보이드의 발생을 방지하기 위해서 길게 한다. 물론 사출시간에는 성형온도와 사출압력과의 상관관계가 있으므로 여러 가지 조합에 의하여 도출한



Fig. 8 Weld lines analysis(first)

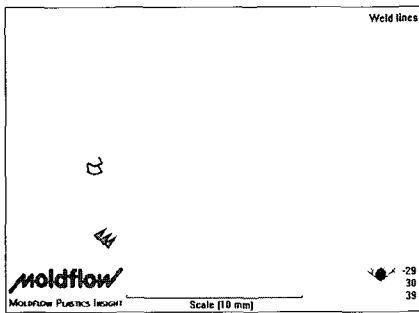


Fig. 9 Weld lines analysis(optimum)

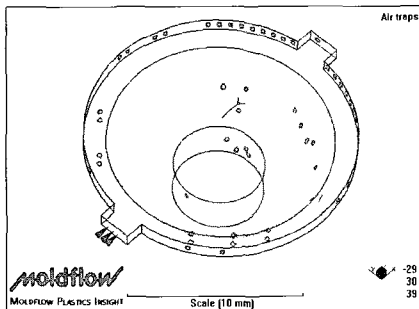


Fig. 10 Air trap analysis(first)

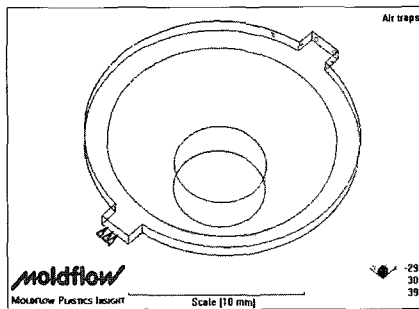


Fig. 11 Air trap analysis(optimum)



Fig. 12 Manufactured lens

결과 약 1.2sec에서 위에서 도출된 성형온도 및 압력 등에 적합함을 알았다.

Fig. 8과 9 및 Fig. 10과 11은 각각 weld line 해석결과 및 air trap 해석결과를 나타내고 있다. 그림에 나타난 바와 같이 최적조건이 아닌 상태에서는 제품부 전체에 걸쳐 weld line과 air trap이 발생됨을 알 수 있다. 그러나 여러 가지 조건의 최적화 실시하여 해석을 수행한 결과 거의 대부분의 결함을 제거할 수 있었으며, 일부의 결함은 제품의 기능에 큰 영향을 미치지 않는 위치에 존재하므로 최적의 조건이 도출되었다는 판단을 할 수 있었다. 또한 이들 조건에 의하여 실제 사출 시 소요되는 사이클타임은 약 12초 정도로 측정되었으며, Fig. 12는 최종적으로 사출성형된 제품의 사진을 나타내고 있다. 또한, 시사출품의 광학적 휘도(Green 기준) 및 직진성을 측정한 결과 230 mcd 및 24.5°로 나타나 매우 양호함을 알 수 있었다. 사용된 LED는 LG이노텍(주)에서 개발한 LEMC-SOI를 사용하였으며, 시사출품의 광학적 휘도는 Green 기준으로 하였다.

## 5. 결론

본 연구에서는 렌즈를 LED 위에 장착시키기 특별한 공정상의 기술 없이 기존 LED의 휘도를 높이며, 칼라의 구현성을 높일 수 있는 제품개발이 목적이며, 이러한 목적을 달성하기 위하여는 경제성을 고려한 무사상 핵심부품 제작기술과 고품질의 제품을 얻기 위한 사출성형기술이 필수적이므로 이에 대한 고찰을 실시한 결과는 다음과 같다.

- (1) 초소형의 차별화된 Multi-Color Chip-LED 렌즈를 사출을 위한 금형설계를 완성하여 최종적인 코어 가공은  $\varnothing 0.3\text{mm}$ 와  $\varnothing 0.6\text{mm}$  ball end-mill을 사용하고 주축

회전은 15,000~25,000rpm을 부여하고 이송속도는 3,000~5,000mm/min을 적용하여 고품위 고속가공을 실현할 수 있었다.

- (2) 가공된 핵심부품의 조도는 Ra0.065 정도이며, 사출 시 매우 중요한 인자로서 입사동과 사출동의 중심편차는 10 $\mu$ m 이내의 매우 양호한 결과를 얻었다.
- (3) 유동해석 및 실제 사출시험을 통하여 얻어진 최적의 사출조건으로서 실린더 온도는 220~260 $^{\circ}$ C, 금형의 온도는 70~80 $^{\circ}$ C, 사출시간은 약 1.2sec, 사출압력 및 속도는 각각 7.8~14.7MPa 및 0.8~1.2m/sec 정도의 범위에서 캐비티 내에서의 수지온도 및 성형품의 강도와 밀도를 균일하게 하며 표면광택이 좋고 성형수축을 적게 할 수 있었다.
- (4) 시사출품의 광학적 휘도 및 직진성을 측정한 결과 230 mcd 및 24.5 $^{\circ}$ 로 나타나 매우 양호함을 알 수 있었다.

## 후 기

이 논문은 2006년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- (1) Kang, S. H., Im, S. M., Song, S. B. and Yeo, I. S., 2004, "Improvement of Color Mixing in An RGB Lamp Using Tilted Lenses," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 18, No. 1, pp. 8~15.
- (2) Lim, C. H., Jeung, W. K., Choi, S. M. and Oh, Y. S., 2005, "Rectangular Microlens array for Multi Chip LED Packaging," *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 882~884.
- (3) Hahm, S. H. and Kwon, Y. S., 1997, "LPE Meltback-Etch and Re-Epitaxy of GaAs/ AlGaAs for Optical Micro-Lenses Fabrication," *Journal of the Korean Institute of Telematics and Electronics*, Vol. 34, No. 9, pp. 64~71.
- (4) Shin, S. Y., Choi, J. S., Kim, I. H., Park, K. B. and Moon, H. C., 1999, "Simulation of Lens Aberration Correction for Polygon Mirror Scanning(PMS)," *16th Optics and Quantum Electronics Conference*, FA-II3, pp. 128~129.
- (5) Kim, D. H., Xu, G., Koelling, K. W. and Lee, L. J., 2006, "Study on Flow Behavior of Polymer Solutions in Microchannels," *Journal of the Korean Academic Industrial Society*, 1229-8832, Vol. 7, No. 3, pp. 471~475.
- (6) Lee, S. H., Kang, J. J., Heo, Y. M. and Jung, T. S., 2005, "Analysis of Micro Injection Molding Process for Polymeric Microneedle Fabrication," *Proceedings of the Korean Society for Technology of Plasticity Conference*, pp. 55~59.
- (7) Min, B. H. and Kim, Y. H., 2002, "A Study on the Injection Molding Process for Manufacturing of Alternator Pully," *Transactions of Korea Society of Automotive Engineers*, 1225-6382, Vol. 10, No. 3, pp. 159~165.