

광 경화 폴리머를 이용한 수지접합 비구면 렌즈의 설계 및 제작

Optical Design and Fabrication of the Aspherical Hybrid Lens using a UV curable polymer

추병욱, 조현갑, 윤수원, 박희철, 윤인정, 박종영, 문영기
 (주)삼양옵틱스
chubu@syopt.co.kr

1. **서론** : 광 경화 폴리머를 이용한 수지접합 비구면 렌즈⁽¹⁾는 그림 1과 같이 Glass 구면 렌즈의 한쪽 면에 광 경화 폴리머를 이용하여 비구면 형상을 성형한 것으로 Glass 비구면 렌즈와 같은 광 특성을 얻으며 저가 생산이 가능하다는 장점을 가진다. 본 연구를 위해 우선 선행적으로 폴리머의 경화 후의 굴절률과 분산값을 조사하였으며, 이를 바탕으로 광 경화 폴리머 적용 비구면 광학계를 설계⁽²⁾하고 비구면 렌즈 제작을 위해 성형장비를 제작하였다. 그림 2는 수지접합 비구면 렌즈의 제작법을 나타낸 것이며, 구면렌즈가공, 고온코팅(Glass 한쪽 면), UV경화, 저온코팅(폴리머면)의 순서로 하나의 수지접합 비구면 렌즈가 제작된다.

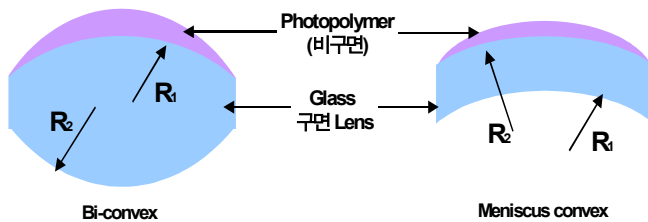


그림 1. 광 경화 폴리머를 이용한 비구면 렌즈

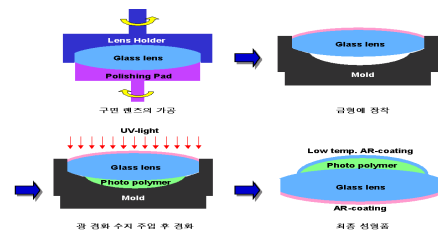


그림 2. 수지접합 비구면 렌즈 제작법

2. **본론** : 본 연구의 적용 모델로 감시카메라⁽³⁾를 선정하여 광학계를 설계하였다. 설계 Spec.의 기준인 CCD^{(4)~(5)} 소자로 현재 감시 카메라에 가장 널리 사용되는 VGA급 1/3" inch CCD소자를 채택하였고, CCD의 성능은 310k 화소에 Cell Size $7.4\mu\text{m} \times 7.4\mu\text{m}$ 이며, 이때 렌즈의 분해능 67.5 lp/mm 이다. 따라서 이에 적합한 광학계 설계를 비구면 형상에 따라 4가지 형태로 구분하여 진행하였으며, 이는 폴리머가 경화 중에 약 5~7%정도의 경화수축율을 가짐과 동시에 폴리머 두께의 차이로 경화속도가 달라 형상변형이 필연적으로 발생하므로 이에 대한 분석이 필요하다. 그림 3은 비구면의 폴리머 두께를 나타낸 것으로서, 곡면이 회전 대칭이므로 Glass구면을 기준 좌표 X축으로 잡고 폴리머의 두께만을 표시한 것이다. 비구면 층의 두께는 최고(Max $200\mu\text{m}$ 이하)~ 최저(min $100\mu\text{m}$ 이상)값의 편차가 50% 이하인 것이 폴리머의 경화특성에 적합하였다. 이에 B type과 D type을 선택하였고, 광학성능 면에서 B-type을 적용한 설계가 보다 우수하였다. 따라서 광학계 설계의 최종 스펙은 F/# 1.4, $f=2.8\sim 12\text{mm}$ ⁽⁶⁾이며, 그림 4는 B type hybrid 렌즈 적용 광학계의 광로도를 나타내었다.

이와 같은 광학계 설계를 바탕으로 비구면 hybrid 렌즈 제작을 위해 그림 5와 같이 UV 성형장비와 비구면 금형코어를 제작하였으며, 금형코어제작⁽⁷⁾은 10nm의 미세조정이 가능한 DTM(Diamond Turning Machine ; TOSHIBA MACHINE, High-Precision Aspheric Grinder (Model : ULG-100C H³))가공기로 비구면 방정식의 자유곡면을 따라 도금된 코어를 가공하였다. 가공 후 코어면의 비구면 형상오차 측정⁽⁷⁾은 surface profiler(Rank Taylor Hobson社 Form Taily Surf.와 Kosaka社 모델:SSG-21)를 이용하여 측정하였다. 가공 코어면의 비구면 형상오차 측정결과는 $0.24\mu\text{m}$ 이었으며, 제작된 코어로 hybrid

렌즈를 성형한 후, hybrid 렌즈의 형상오차는 그림 7과 같은 형태로 약 2.4 μ m 정도였다. 형상오차가 발생한 원인은 광 경화 폴리머의 경화수축의 영향으로 발생되었으며, 이에 대한 금형코어의 형상보정이 현재 진행 중에 있다.

3. 결론 : 본 연구를 통해 광 경화 폴리머를 이용한 비구면 hybrid 렌즈를 적용한 광학계 설계 및 hybrid 렌즈를 제작하였다. 그리고 향후 hybrid 렌즈의 비구면 형상오차가 광학계의 결상성능에 미치는 영향 대한 연구는 surface profiler 및 간섭계를 통해 보다 종합적인 연구가 좀 더 진행되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구는 산업자원부가 시행하는 부품소재기술개발사업의 일환으로 진행되었음을 밝힌다.

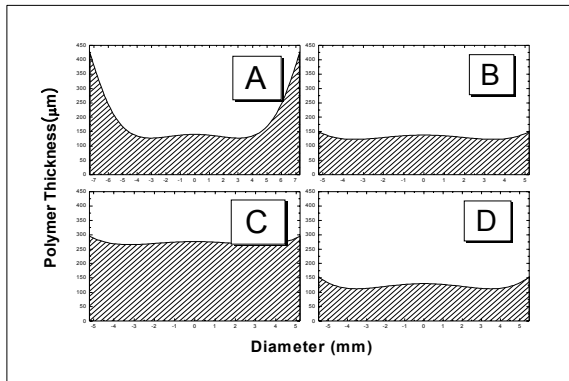


그림 3. 비구면 폴리머 층의 두께

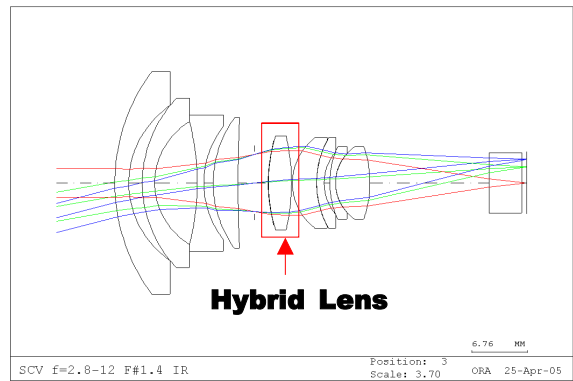


그림 4. Hybrid Lens 적용 광학계 광로도

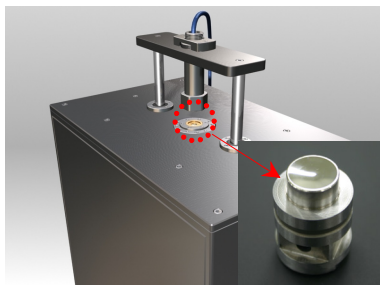


그림 5. 비구면 렌즈 성형장비 및 금형코어

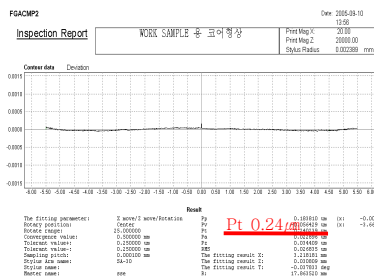


그림 6. 금형코어의 비구면 형상오차

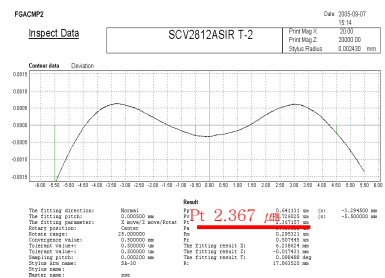


그림 7. Hybrid 렌즈의 비구면 형상오차

참고문헌

1. 高下順治, “光応用技術1992(Optoelectro-Mechanics)”, JOEM IV-1 pp. 72 (1992)
2. 추병욱 외, “수지접합형 복합 비구면 렌즈계 설계”, 한국물리학회 가을학술발표회 회보 pp. 608 (2005)
3. Vlado Damjanovski, “CCTV”, Butterworth Heinemann, pp. 65-78 (2000)
4. Alan R. Matchett, “CCTV for Security Professionals” Butterworth Heinemann pp. 72 (2003)
5. 이춘곤, 남병덕 “디지털 카메라의 기술현황” 광학과 기술 2권 1호 pp. 62-70(1998)
6. Milton Laikin, “ Lens Design” Second Edition Marcel Dekker, Inc, Chapter 38(1995)
7. 李在峽, “초정밀 비구면 연마 및 형상측정 연구”, 충남대 석사학위논문 pp. 16-25 (2003)