

초소형 블루레이 광 픽업 렌즈의 유리 성형에 관한 연구

박순섭¹, 이기용¹, 김형모¹, 황연¹

A study of glass molding the micro Blu-ray pick-up lens

S. S. Park, K. Y. Lee, H. M. Kim, Y. Hwang

Abstract

Micro lens especially for optical pick up(Blu-ray) lens module is one of the key products for IT technology. Specific attention has been given to manufacturing of large radius lens but little to small radius less than 2mm diameter with N.A>0.8. This paper deals with a high precision glass molding technology for mass production of Blu-ray pick up lens. Ultra precisely machined tungsten carbide core and glass molding equipments are utilized for forming process. Evaluation was performed in terms of profile accuracy, surface roughness and thickness of fabricated glass lens.

Key Words : Pick-Up Lens (픽업렌즈), Aspherical Lens (비구면 렌즈), Numerical Aperture (개구수), Objective Lens (대물렌즈)

1. 서론

최근 광학 장치나 정보기기 장치 등에 탑재되는 다양한 종류의 광학소자에는 비구면 형상화 및 고정밀도화가 진행되고 있다. 1970년대 CD(Compact Disk)의 출현 이후 최근의 HD-DVD(Hight Density-Digital Versatile Disk)까지 디스크의 기록 밀도를 증가시키는 방법에 대한 연구가 국내외에서 다수 이루어지고 있다. 한편, 비구면(Aspherical)렌즈는 광 정보 저장장치의 광학픽업(Pick-Up)을 구성하는 핵심 부품으로서, 레이저다이오드(Laser Diode)의 파장과 더불어 디스크의 기록 밀도를 결정하는 주요 역할을 하고 있다. 비구면 렌즈는 다수의 구면 렌즈를 하나의 비구면 렌즈로 대체할 수 있어서, 픽업 액추에이터(Actuator) 및 픽업 광학계를 소형화할 수 있을 뿐만 아니라, 비구면 형상 변수 조절에 따른 렌즈면 형상 설계의 자유도를 증가시켜서, 보다 적은 수차(Aberration)의 집속 빔(Beam)을 얻는 것이 가능하게 한다. 그러나 광 정보 저장 장치에서의

비구면 렌즈는 표면의 기계적인 형상 정밀도를 서브미크론(Sub-micron) 수준으로 요구하는 것 외에도 저가격으로 양산해야 하는 어려움이 있어 왔다. 따라서 높은 정밀도의 금형을 먼저 제작하여, 사출 또는 압축 성형이나 복제의 방법으로 그 형상을 전사하는 Replica 방법이 주로 이용하고 있다.

Replica 방법에 의한 비구면 렌즈 금형의 제작은 첨단 기계 제어 장치의 급속한 발전으로 초정밀 가공기에 의해 공작 기계 운동으로 공구 외형과 피삭재를 초고정도로 가공하는 것이 가능해졌다.

따라서 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 MD(mini-disk)나 MODD(magneto optical disk drive) 등의 pick-up광학계의 광학부품 laser diode, collimator lens, 정형 프리즘(beam circularizing prism), 부분편광분할기(polarizing beam splitter), 대물렌즈(Objective Lens), 수광 렌즈, 및 photo diode들 중 대물렌즈를 Replica방법으로 비구면 블루레이 광 Pick-Up Lens를 성형하는 방법을 구현하고자 한다.

1. 한국생산기술연구원

2. 광 픽업용 렌즈의 소개

2.1 광 픽업 렌즈

Pick-Up은 광원(Laser광)을 광학적 수단(대물렌즈)에 의하여 정보가 기록된 광Disc의 정보pit에 무 수차 결상시켜, 정보 pit에 의해 반사, 회절되는 광을 전기적인 신호로 바꾸는 장치의 총칭이다. Fig 2.1은 광Disc(CD, DVD,BD)의 정보pit의 간격과 크기를 나타낸다.

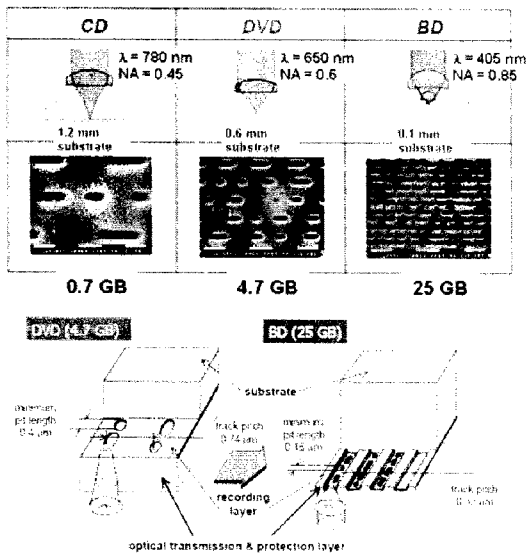


Fig 2.1 Pit size and spacing of Disk

따라서 대물렌즈 등에 의해 광원이 집속될 때 집광 Spot size가 재생할 수 있는 광Disc의 기록밀도를 결정한다고 할 수 있다.

그런데 집광Spot의 크기 d는 Laser파장에 비례하고, Lens의 개구수 NA에 반비례한다. 여기에서 NA는 Fig 2.2와 같이 Disc 집광점에서의 광속도 교차 각도를 말한다. 파장과 NA와의 관계에서 미소 Spot을 얻기 위해서는 Laser의 단파장화와 Lens의 고NA화가 필요하다. CD, DVD, BD의 재생전용 Disk에는 Pit라고 하는 요철에 의해 정보가 기록되어 있다.

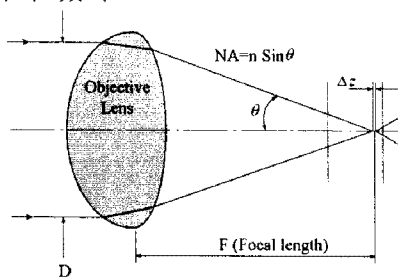


Fig 2.2 NA(numerical aperture)

그리고 이 Pit 에 집광된 Laser 광이 반사, 회절 된 후 다시 대물렌즈에 의해 집속되어 수광소자 photo-diode 에 이르게 된다. 이 수광소자에 의해 전기적 신호로 바뀌고 이후 원하는 digital 신호처리를 거치게 된다. 대물렌즈가 기하광학적으로 무수차인 경우 상면(Image Surface)에 있어서 spot 의 반경 ω 는 다음 식으로 표시된다.

$$\omega = k \frac{\lambda}{NA} \quad \text{----- (2.1)}$$

$$NA = n \sin \theta \quad \text{----- (2.2)}$$

식2.1에서, k는 렌즈의 개구형상이나 입사광속의 강도분포에 의하여 결정되는 상수이고 NA(Numerical Aperture)는 식2.2로 표현되고 대물렌즈의 개구수이며, λ는 파장이다. 회절한계의 최소 Beam size는 광원의 파장에 비례하고, 대물렌즈의 개구율NA에 반비례한다. 대물렌즈의 NA값이 클수록 작은 빔을 얻을 수 있지만, 초점심도Δz (depth of focus)는 NA의 제곱에 반비례하여 짧아진다. 그 결과, 통상의 glass 렌즈에서는 NA가 크면 클수록 무게도 무거워지고 대물렌즈의 초점부 위치제어나 tracking 제어를 위한 제어 시스템(대물렌즈actuator)에 부담이 되므로 통상 NA를 CD에서는 약0.14 DVD에서는 약0.6을 갖도록 설계한다. Laser 파장과 렌즈의 NA로 Spot size는 정해지기 때문에 단파장의 Laser를 사용함으로써 기록 밀도를 올릴 수 있다. 광 빔의 크기는 중심의 빔 강도의 1/e (즉, 광의 진폭의 1/e²)에 해당하는 위치의 지름을 의미하므로, 초해상 기술을 이용해 유효빔의 크기를 줄임으로써 고밀도화가 가능하다.

2.2 블루레이 광 픽업 렌즈 설계

본 논문에서는 Sumita사에서 제작된 광학글라스 재질을 사용하여 고개구수(NA)가 구현된 2매 렌즈형 대물렌즈를 설계한다. 두개의 렌즈에 의해 높은 개구수의를 갖는 대물렌즈가 구성되기 때문에 고밀도의 정보기록 및 재생이 가능하고, 부품의 소형화로 인해 이를 구동하는 이송계의 크기와 동력을 등을 감소시킬 수 있다. 결상광학에 쓰일 수 있는 lens 재질은 비결정수지의 등방성(isotropic)의 물질, 비전도성물질이어야 한다. 전도성 물질이라면 전기적 신호를 바꾸므로 input data가 output에서 바뀌므로 결상광학으로는 설계가 불가능하다. 또한, 초기에는 재질의 n 값, 비중,

분산계수 기타 온도에 대한 안정성, 화학적 안정성 등을 고려해야 한다.

따라서 본 논문에서는 레이저 다이오드에서 발광된 408nm 의 파장을 사용하여 Collimator lens 에 의해 평행광으로 시준된 광원을 사용하여 드라이브 구동시 미세조정을 위해 가볍고 열변형이 작은 고개구수(NA)가 구현된 글라스재질의 두매 렌즈형 픽업렌즈용 광학계의 설계 Data 는 Table 2.1 과 같이 설계하였다.

Table 2.1 Lens Design Data (단위 : mm)

Radius	Thickness	Glass	Aspheric Data
1	1.03512	K-CSK120 (Sumita사)	K = 0 A = -0.112107 B = -0.718726E-1 C = -0.264081 D = 0.370380 E = -0.585167
2	-62.1945		
3	0.550	K-CSK120 (Sumita사)	K = 0 A = 0.762122E-1 B = 0.989063 C = -0.973271E01 D = 0.811637E02 E = -0.186421E03
4	10.000		
5	Infinity	585.340	평면 Glass Block
6	Infinity	Disk	

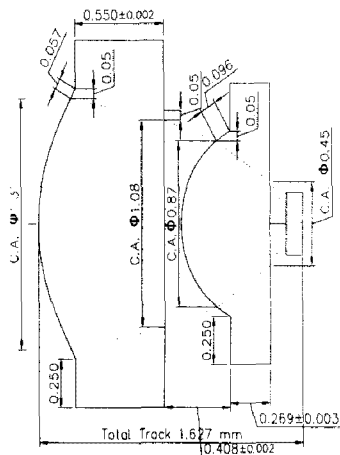


Fig 2.2 Blu-ray Pick-Up Lend Design

3. 블루레이 Pick-Up Lens 성형

3.1 성형기

현재 각광받고 있는 소형렌즈는 대부분이 카메라폰 렌즈이다. 카메라폰용 소형 렌즈의 경우, 곡률반경이 크고 렌즈를 성형기술이 이미 많이 개발되어 있다. 하지만, N.A.가 0.8 이상의 렌즈를 구성하기 위해서는 비구면 곡률이 매우 작아져야 하며, 광픽업용으로 사용하기 위해서는 렌즈의 직경이 2 mm 이하이다. 이러한 초소형 렌즈를 성형하기 위해서는 High Precision Glass Molding 기술이 필요하며, 성형 장비도 진공과 미세 가압조절이 가능한 장비가 요구된다. 본 논문을 통해 High N.A.값을 가지는 초소형 렌즈를 실제 구현함으로써 선진기술력을 확보하고자 한다.

블루레이 Pick-up 렌즈는 비구면 곡률이 작아서 렌즈의 미성형 발생할 경우가 많고, 렌즈의 표면조도 불균일 발생과 함께 렌즈의 수축으로 인한 비구면 형상 구현이 어려움이 있다.

본원에서 보유한 도시바사의 GMP-207HV 장비의 특징은 금형 상용 온도 1400℃, 최고 도달온도 1500℃까지 제어할 수 있으며, 성형시 신속한 진공배기 가능하다. 또한 적외선 램프에 의한 균일 가열을 실현을 통해 고정도 프레스기구에 있어 정밀성형이 가능하며, 고속 가열, 고속냉각 방식 때문에 생산성이 향상할 수 있다. 이와 더불어 정밀 온도 프로파일이 실현 가능하여 성형조건외 재현성이 뛰어나고 안정적이다.

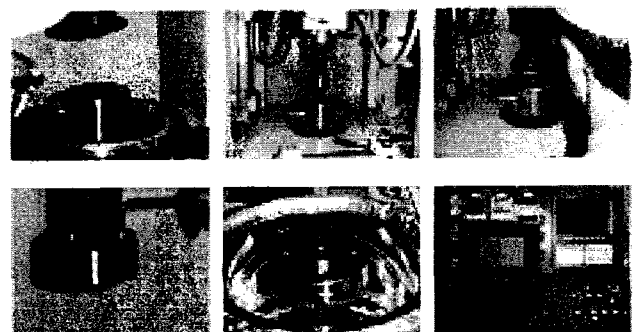
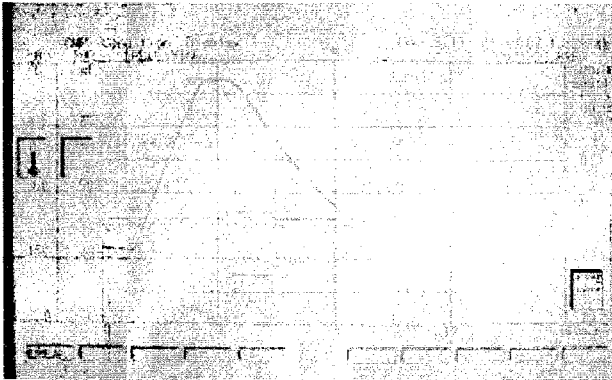


Fig 3.1 Glass Molding Press Machine(GMP-207HV)

본 논문에서 제작하고자 하는 마이크로렌즈는 두개가 하나의 렌즈 Set 을 구성함으로써 광헤드 장치에서 사용되도록 설계되었다. 성형시 중요한 점은 비구면 렌즈의 형상과 렌즈의 두께를 정확히 맞추는 것이 관건이었다.

초정밀 마이크로 렌즈의 성형조건은 크게 3 단

계로 나눌 수 있다. 가열 구간, 유지 구간, 냉각구간으로 가열구간에서는 GOB의 상태가 성형하기 좋은 온도로 이동하는 구간이며, 유지구간에서는 실제적인 성형이 이루어지는 구간이며, 냉각구간에서는 성형상태를 굳어지게 하는 구간이다. 특히 유지구간에서는 기존의 렌즈성형과는 다른 진공 펌프가 작동하여 성형시 발생하는 기포를 제거해 준다.



φ1.91 렌즈 성형조건					
Z1	77.00	Z2	77.5	Z	78.203
V1	500	V2	10	V3	500
P1	0.2	P3	0.2	PT1	20
P2	0.2				
Tv	560	T2	550	ST1	20
Tuv	560	T3	530	ST1	20
T1	560	T4	430		
T1u	560	T5	289		

φ1.41 렌즈 성형조건					
Z1	77.50	Z2	79.15	Z	78.7
V1	500	V2	10	V3	500
P1	0.5	P3	0.2	PT1	50
P2	0.5				
Tv	565	T2	550	ST1	30
Tuv	565	T3	500	ST1	50
T1	565	T4	400		
T1u	565	T5	289		

Fig 3.2 Correction of deformities condition of manufactured lens

여기서 Z는 실제적인 높이이며, P는 가압조건, T는 온도에 해당한다. 최적의 성형 조건을 위해

서는 전술한 바와 같이 성형 위치, 성형온도, 가압조건(유지시간), 공정과 공정사이의 유희시간 등 다양한 요소들의 아래와 정량화가 필요하다.

1. 일정한 렌즈의 두께를 위해서는 성형 위치와 공정사이의 유희시간의 정량화가 필수적이다.
2. 온도 조건은 고부의 항복온도와 유동온도를 고려하여 성형 움직임을 방지한다.
3. 질소조건하에서 진공배기 및 누설 방지를 통한 산화방지 환경이 필요하다.

4. 결론

조정밀 블루레이 Pic-up 마이크로렌즈의 성형평가 공구현미경 측정결과, 설계에서 중요시한 렌즈의 중심두께, 형상정밀도, 표면조도 등은 렌즈의 규격한대로 나왔으며, 편심도는 약 10 μm의 편심이 났으며, 추후 Centering 공정을 진행할 예정이다. 성형된 형상의 유효경은 정확히 각각 설계된 수치와 일치하였다.

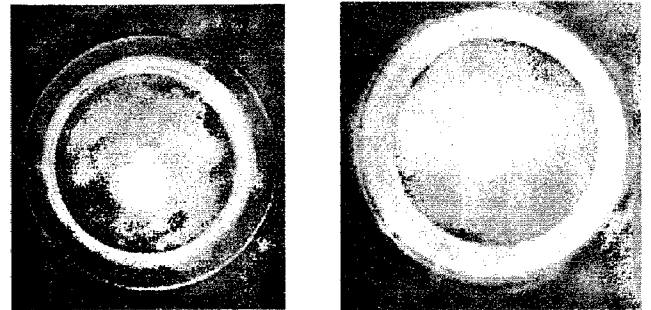


Fig 4.1 Blu-Ray Pick-Up Lens

참고 문헌

- [1] Kim, Jeong. Du., "Design and Ultra-precision Machining of Aspheric lens(2)" KSPE, Vol.26, No.5, pp.36-41, 1993.
- [2] 이철우, "삼성전자의 DVD 용 광픽업의 현황", 광학과학기술, July, 1997
- [3] Hyun, D. H., Lee, S. J., "A Study on Grinding Characteristics of Aspherical Glass Lens core of High-pixel Digital Camera in Diamond Grinding Process", Transaction of the Society of Machine Tool Engineers, Vol. 12, No. 2, pp. 31-36, 2003.
- [4] Visser., T. G. Grjsbers., R. A. M. Jorna., "Molds and Measurements for Replicated Aspheric Lenses for Optical Recoding", Apphed Optics, Vol. 24, pp. 1848-1852, 1985.