

MLA(Micro Lens Array) 제작을 위한 광학 시뮬레이션

오해관*, 서현우**, 김근영*, 위창현**, 송요탁**, 이기근*, 양상식*
 아주대학교 전자공학과*, 오에프티(주)**

The beam property simulation for the fabrication of a MLA(Micro Lens Array)

Haekwan Oh*, Hyunwoo Seo**, Geunyoung Kim*, Changhyun Wei**, Yotak Song**, Keekeun Lee*, Sang Sik Yang*
 Division of Electronics Engineering, Ajou University*,
 Opto FineTech**

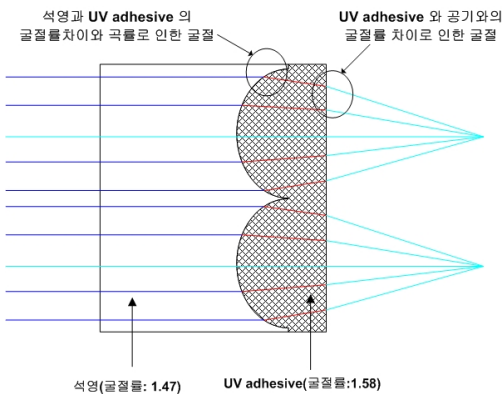
Abstract - This paper presents the simulation of micro-lens arrays based on dry and wet etching technique. Code V (Optical Research Associates Ltd) simulation was performed to extract optimal design parameters of a Micro-Lens Array(MLA). Thickness of UV adhesive, wavelength of laser source, curvature, and shape of lens surface were chosen for the design parameters. The simulation results showed that focal length of a MLA decreased with the increase of UV adhesive thickness. And the focal length depended on shape of lens surface and length of laser source.

1. 서 론

국내 디스플레이 산업에서 디스플레이 제품 자체 제조 기술은 뛰어나지만, 이에 대한 핵심 기술 및 생산 설비 기술은 일본에 비해 약 30% 정도로 매우 낙후되어 있으며 현재 대형화, 경량화, 고휘도화, 고정세화, 저가격화의 방향으로 기술 발전이 이루어지는 추세를 보이고 있다. 이런 추세에 맞추어 광통신, 광반도체, 프로젝션 디스플레이, 레이저응용조명, 광응용기기 등에 사용되는 MLA(Micro-lens Array)의 개발은 매우 가치 있는 일로서 안정적인 기술의 기반구축이 요구된다. 현재 MLA는 폴리머 리플로우, 그레이 스케일 리소그래피, 엠보싱, 레이저 가공, 미세 분사 등의 다양한 방법으로 제작되어지고 있다. 하지만 기존의 방법들은 제작 시간이 오래 걸리고 비용이 많이 드는 단점이 있으며, 무엇보다 폴리머를 이용하여 제작되기 때문에, 고온 고압의 환경에서 안정성이 떨어지는 문제가 있다. 그로 인해 최근 열적 안정성이 뛰어난 석영기판을 이용한 렌즈 제작의 필요성이 증가하고 있다.

본 논문에서는 고해상도 광학계에 사용되는 MLA의 성능 최적화 및 기반구축을 위해 구면과 비구면 렌즈의 광학 시뮬레이션 연구를 통한 마이크로렌즈의 제작 및 특성 측정을 수행하였다.

2. 마이크로렌즈 어레이(MLA)



<그림 1> 석영 기판과 UV adhesive를 이용한 MLA 측정원리

본 연구에서 제안하는 MLA는 그림 1과 같다. 식각 공정을 통하여 음각 패턴을 굴절률 1.47의 석영(Quartz)기판에 형성한 후, 굴절률이 1.58인 UV adhesive(Optical Adhesive 61, Norland Ltd.)를 표면에 도포하였다. 건식 식각의 비등방성과 습식 식각의 등방성을 조합하여, 구면 및 비구면 렌즈를 제작하였다. MLA에 광을 조사하면 석영기판과 UV adhesive의 굴절률 차이 및 곡률에 의하여 광은 초점을 맺는다. MLA 표면에 도포된 UV adhesive의 두께와 구면과 비구면 형상에 따른 초점 거리의 변화를 광학 시뮬레이션을 통하여 예상하고, 최적의 MLA를 제작 조건을 찾고자 한다.

2.1 MLA 시뮬레이션

광학 시뮬레이션에 사용되는 방정식은 다음과 같다.

$$z(r) = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} \quad (1)$$

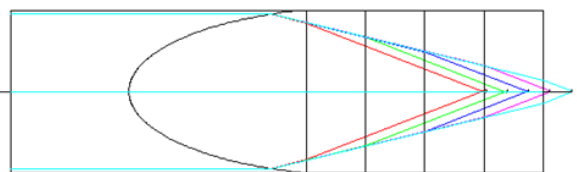
$r^2 = x^2 + y^2, c: \text{곡률 중심}, k: \text{원추상수}$

비구면 렌즈의 경우 등방성과 비등방성 즉, 습식과 건식 식각 공정이 이루어지는데 렌즈는 타원체의 형상으로 방정식에서 2차 계수항만 필요하고, 원추 상수 k 는 $-1 < k < 0$ 이 되며, 구면 렌즈의 경우 등방성인 습식 식각 공정만이 이루어져 렌즈는 구면의 형상으로써 k 값이 0이 된다. 각 곡률의 형태에 따른 시뮬레이션 변수는 표 1, 2 와 같으며, UV adhesive 두께에 따른 초점 거리의 변화는 Code V (Optical Research Associates 社) 시뮬레이션 툴을 이용하여 계산 및 형상화 하였다.(그림 2,3)

두께가 5 μm 늘어남에 따라 초점 거리가 3.2 μm 줄어드는 결과가 나왔다.

<표 1> 비구면 MLA 광학 시뮬레이션 변수

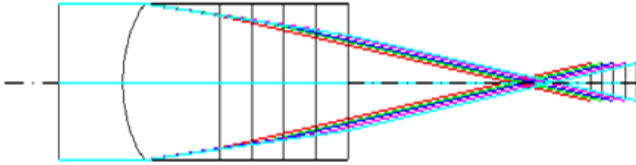
변수	비구면				
r(곡률반경)	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
k(원추계수)	-0.8775	-0.8775	-0.8775	-0.8775	-0.8775
UV adhesive 두께	0.0150	0.0200	0.0250	0.0300	0.0350
BFL (초점거리)	632.8nm	0.0152	0.0120	0.0088	0.0056
	405nm	0.0130	0.0098	0.0067	0.0035



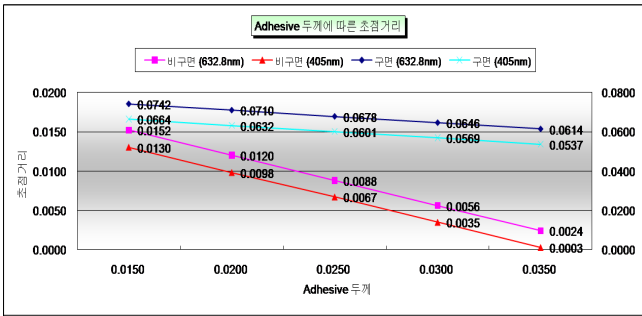
<그림 2> 비구면 MLA 초점거리 시뮬레이션

<표 2> 구면 MLA 광학 시뮬레이션 변수

변수	구면					
	0.0084	0.0084	0.0084	0.0084	0.0084	
r(곡률반경)	0.0084	0.0084	0.0084	0.0084	0.0084	
k(원추계수)	0	0	0	0	0	
UV adhesive 두께	0.0150	0.0200	0.0250	0.0300	0.0350	
BFL (초점거리)	632.8nm	0.0742	0.0710	0.0678	0.0646	0.0614
	405nm	0.0664	0.0632	0.0601	0.0569	0.0537



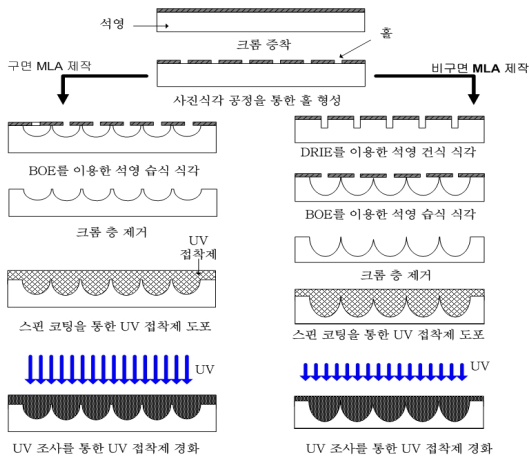
<그림 3> 구면 MLA 초점거리 시뮬레이션



<그림 4> MLA 광학 시뮬레이션 결과

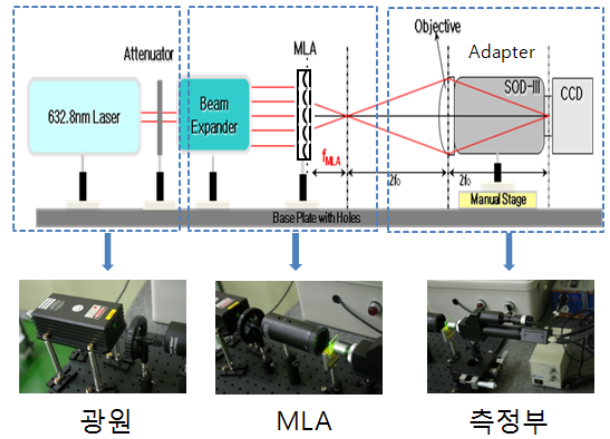
2.2 MLA 제작

MLA 제작 공정은 그림 5와 같다. 구면 MLA는 사진 식각 공정을 통하여 석영기판 위의 크롬층에 지름 2 μm, 간격 13.68 μm 인 Hole을 형성한 후, BOE 습식 식각 공정을 거치게 되면 개방된 Hole 에서만 등방성 식각이 이루어져 반구형의 음각 패턴이 형성된다. 비구면 MLA는 Deep RIE (건식)과 BOE 습식 식각을 차례대로 진행하여 형성한다. UV adhesive를 스핀코팅을 통해 석영 위에 도포한 후 UV로 경화시킨다. 스핀코팅의 회전수를 조절(1200 ~ 2000 rpm)하여 UV adhesive의 두께를 조절하였다.



<그림 5> MLA 제작 공정도

2.2 MLA 측정 시스템 개발



<그림 6> MLA 측정 시스템

MLA 광학 특성 측정을 위하여, 그림 6과 같이 장치를 구성 하였다. 광원으로는 632.8 nm 파장의 He-Ne 레이저를 사용하였고, 빔확장기를 사용하여 MLA 전면에 평행광이 조사되며, MLA를 통과한 평행광은 측정부의 대물렌즈를 지나서 CCD로 관찰된다. 초점 거리는 측정부의 수동 스테이지의 조절을 통하여 측정 가능하며, 빔초점의 크기는 CCD의 픽셀 크기와 대물렌즈의 배율을 계산하여 측정된다.

3. 결 론

본 논문에서는 열적 안정성이 뛰어난 석영 기판을 습식과 건식 식각하여 구면, 비구면 렌즈 제작을 위한 시뮬레이션을 수행 하였으며, 측정을 위한 광학 측정 시스템을 개발하였다. UV adhesive 두께와 인가되는 광원의 파장, 곡면의 형태에 따른 예상되는 초점거리의 변화를 광학 시뮬레이션 툴인 Code V를 이용하여 예측하였다. UV adhesive의 두께가 두꺼울수록, 구면에 비해 비구면이, 파장이 짧을수록 초점 거리가 짧아지는 경향이 있음을 확인할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- H. Yang, C.-K. Chao, M.-K. Wei, C.-P. Lin, Journal High fill-factor microlens array mold insert fabrication using a thermal reflow process, J.Micromech. Microeng. 14, 1197 (June, 2004).
- J. Yao, Z. Cui, F. Gao, Y. Zhang, Y. Guo, C. Du, H. Zeng, C. Qiu, Journal Refractive micro lens array made of dichromate gelatin with gray-tone photolithography, Microelectronic Engineering 57-58, 729 (Sep. 2001).
- T.-C. Huang, B.-D. Chan, J.-K. Ciou, S.-Y. Yang, Journal Fabrication of microlens arrays using a CO₂-assisted embossing technique, J.Micromech. Microeng. 19, 015018 (Nov. 2009).
- S. Mihailov, S. Lazare, Journal Fabrication of refractive microlens arrays by excimer laser ablation of amorphous Teflon, Applied Optics 32, 6211 (Nov. 1993).
- D. L. MacFarlane, V. Narayan, J. A. Tatum, W. R. Cox, T. Chen, D. J. Hayes, Journal Microjet Fabrication of Microlens Arrays, IEEE Photon. Technol. Lett. 6, 1112 (Sep. 1994).