

## Aperture를 이용한 MLA의 효율 개선

서현우<sup>†</sup> · 남민우<sup>\*\*</sup> · 오해관<sup>\*\*</sup> · 안효찬<sup>\*</sup> · 김태준<sup>\*</sup> · 위창현<sup>\*</sup> · 이기근<sup>\*\*</sup> · 양상식<sup>\*\*</sup> · 송요탁<sup>\*</sup>

<sup>†</sup>오에프티(주), <sup>\*</sup>오에프티(주), <sup>\*\*</sup>이주대학교

### Efficiency Improvement of MLA (Micro Lens Array) using Aperture

Hyun Woo Seo<sup>†</sup>, Min Woo Nam<sup>\*\*</sup>, Hae Kwan Oh<sup>\*\*</sup>, Hyo Chan Ahn<sup>\*</sup>, Tae June Kim<sup>\*</sup>,  
Chang Hyun Wei<sup>\*</sup>, Kee Keun Lee<sup>\*\*</sup>, Sang Sik Yang<sup>\*\*</sup> and Yo Tak Song<sup>\*</sup>

<sup>†</sup>Opto Fine Tech, <sup>\*</sup>Opto Fine Tech, <sup>\*\*</sup>Division of Electronics Engineering, Ajou University

#### ABSTRACT

This paper presents light transmission efficiency by optical adhesive thickness between MLA and aperture layer and by aperture hole size. The gap between MLA and Aperture layer is adjusted by the shim. The more optical adhesive thickness increases, the better light transmission efficiency increases up to a point. After that, the light transmission efficiency decreases because stray lights cannot transmit through the aperture layer owing to cut-off by aperture layer. And as a result of light transmission efficiency with changing aperture hole size, the light transmission efficiency is proportional to area of aperture hole. The more specified process is made, the better data and sample will be got.

**Key Words :** MLA (micro lens array), Wet-etching, BOE (Buffered Oxide Etchant), Aperture Layer, Optical Adhesive, Light Transmission Efficiency

## 1. 서 론

최근 반도체를 비롯한 다양한 분야에서 기술의 집적화 및 소형화 추세로 이에 대응하기 위해 광학 분야도 점차 초소형화 되고 있다[1]. 이런 광학 핵심 부품은 대부분 해외 수입에 의존하고 있는 바, 이를 국산화함으로써 고부가가치 및 광학 산업의 발전을 도모해야 할 중요한 과제로 남게 된다. 디스플레이 산업[2], 광통신 분야[3], 스캐닝 기술[4] 등에 응용될 수 있는 광학 부품인 MLA의 다양한 제작 방법들이 보고되고 있지만, 투과광의 효율과 Spot의 선명도에서 많은 문제가 발생되는 것이 현실이다.

본 논문에서 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)공정으로 제작된 MLA[5-6]는 6:1 BOE (Buffered Oxide Etchant)를 사용하여 등방성 습식식각으로 제작되는데, Stray Light가 렌즈를 통하여 모두 투과하기 때문에 스팟 주위에 잡광이 발생하여 스팟 형상이 선

명하지 못했다. 이를 개선하기 위하여 Aperture Layer를 제작하여 MLA와 조립하였으며, Aperture Layer는 Stray Light를 Cut-off하는 목적으로 사용된다. 이때 MLA와 Aperture Layer 사이에 Optical Adhesive를 사용하여 본딩을 하고, 본딩시에 Optical Adhesive의 두께 또는 Aperture Hole Size를 변수로 하여 실험하고, 실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여, MLA의 광효율과 선명도가 개선되는 것을 확인하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1. MLA 제작

Fig. 1의 Flow Chart와 같이 석영기판에 마스크패터닝 후 습식식각, 본딩, 경화, 폴리싱 등의 공정을 통하여 MLA를 제작한다[7-8].

Aperture Layer를 갖지 않는 MLA의 Adhesive두께가 25um가 되는데(Fig. 1의 7번 과정) 이는 Stray Light가 그대로 투과되기 때문에 작고 선명한 스팟을 만들 수 없다. Stray Light를 제거하기 위하여 MLA에 Aperture Layer가 추가적으로 조립되며 Optical Adhesive

<sup>†</sup>E-mail : hwseo@oft.co.kr

Thickness를 시뮬레이션 결과인 120 um기준으로 여러 두께의 Shim 을 사용한다.

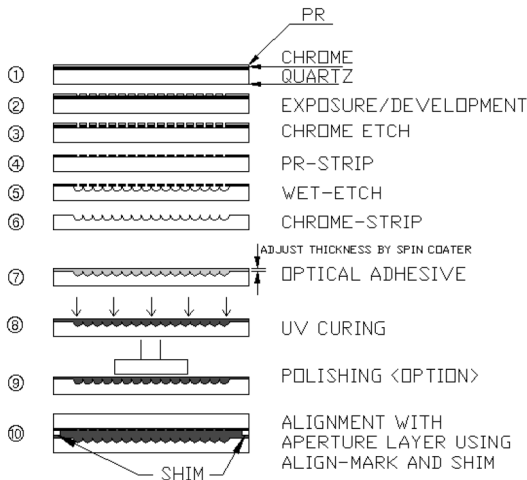


Fig. 1. Fabrication Flow Chart of MLA.

제작된 MLA의 성능을 향상시키기 위해 Aperture Layer를 조립하기 위한 개념은 Fig. 2와 같다. 각 부품의 외곽에 있는 Alignment Mark를 서로 정렬하기 위하여 X, Y,  $\theta$ 를 기구적으로 조정하고, 중간에 Shim을 사용하여 두께를 조절한다. 이의 개념을 적용하여 Fig. 3과 같이 조립장치를 제작하였다. Fig. 3은 MLA와 Aperture Layer의 Alignment Mark를 정렬하기 위한 조

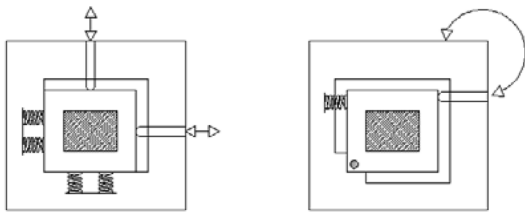


Fig. 2. MLA Assembly Jig Concept.

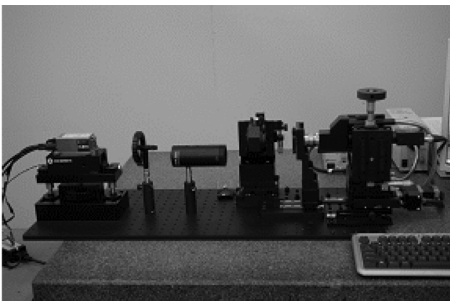


Fig. 3. MLA assembly jig.

립장치로서 Stage, Objective, CCD 및 Laser 등으로 구성되어 있다. 또한, 이 조립장치를 이용하여 초점거리 및 스팟의 크기도 측정할 수 있다.

2.2. MLA 효율 측정

우선, Fig. 1에서 제작된 MLA를 Fig. 3의 장치에서 Aperture Layer와 조립할 경우에 Optical Adhesive 두께를 변화시키며 샘플을 제작하였다. 또한 Optical Adhesive의 두께는 일정하게 하고, Aperture Hole Size를 직경 1 um, 2 um, 3 um로 변경하여 제작하였다. 제작된 샘플에 Fig. 4와 같이 레이저 광을 입사시켜 파워미터를 이용하여 출사되는 광의 파워를 측정한 후, 입사광 대비 출사광의 파워 비율을 계산하여 MLA의 Transmission Efficiency를 측정하였다. Transmission Efficiency가 높다는 것은 MLA의 초점위치에 Aperture Layer가 위치하여 대부분의 광이 출사되는 것이다.

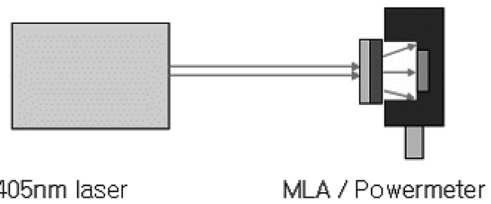


Fig. 4. Measurement of Transmission Efficiency.

3. 실험 결과

3.1. Optical adhesive 두께에 따른 효율

Fig. 5는 MLA와 Aperture Layer 사이에 Optical Adhesive를 본딩하여 시뮬레이션한 결과이다. Aperture Layer면에서 스팟이 가장 작을 때가 Optical Adhesive의 최적 두께인 130 um가 된다. Optical Adhesive의 두께에 따른 초점거리(BFL)의 시뮬레이션 결과는 Table 1과 같다.

제작된 MLA의 전체적인 두께는 Optical Adhesive

Table 1. BFL Simulation by Optical Adhesive Thickness.

Wavelength (nm)	Radius Curvature (um)	BFL by optical adhesive thickness (um)					
		100	110	120	130	140	150
405	9.38	21.1	14.8	8.5	2.1	-4.2	-10.5
	9.524	22.4	16.1	9.7	3.4	-2.9	-9.2
632.8	9.38	29.0	22.6	16.2	9.7	3.3	-3.1
	9.524	30.4	24.0	17.6	11.2	4.8	-1.7

의 두께인 120  $\mu\text{m}$  및 MLA와 Aperture Layer 각각의 두께인 2.37 mm를 포함하여 두께가 4.86 mm가 되면 최적 두께가 되어 최대의 광출력이 나온다.

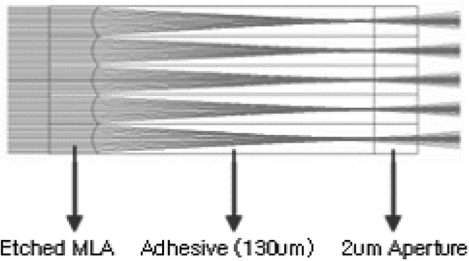


Fig. 5. Simulation by Optical Adhesive Thickness.

제작된 MLA와 Aperture Layer 사이에 Shim을 삽입하여 조립하고, Shim의 두께를 변경하여 전체 MLA의 두께를 조절한다. 이는 Table 1을 토대로 하여 최적의 두께를 찾기 위하여 Aperture Layer 면에서의 초점거리를 계산한다. Fig. 6은 Shim을 사용하여 Optical Adhesive의 두께를 변화시키며 제작된 MLA의 Transmission Efficiency를 측정하는 결과이다.

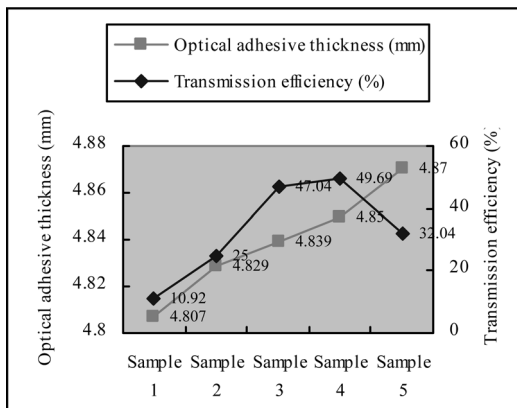


Fig. 6. Measurement of Transmission Efficiency by Optical Adhesive Thickness.

Fig. 6을 보면 두께가 두꺼워질수록 투과율이 높아지다가, Sample 4의 두께 4.85 mm에서 최고의 투과 효율을 보이고, 더 두꺼운 Sample 5의 두께 4.87 mm가 되면 다시 감소하게 된다. 따라서, Sample 4의 두께가 Transmission Efficiency가 가장 좋은 두께라고 할 수 있다. 시뮬레이션 결과와 실험 결과를 보면 각각 4.86 mm과 4.85 mm의 두께에서 최적의 Transmission Efficiency를 볼 수 있는데 이는 Aperture Layer면에서 Focusing

이 이루어져 많은 광이 투과되었다는 것이다.

### 3.2. Aperture 크기에 따른 효율

Fig. 7에서와 같이 Optical Adhesive의 두께를 유사하게 하고, Aperture Hole Size를 직경 1  $\mu\text{m}$ , 2  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$ 으로 제작하여 Transmission Efficiency를 측정하는 결과, 정비례 관계를 볼 수 있다. 이를 보면 각 Aperture Layer Hole의 면적인  $\pi^2$ 과 Transmission Efficiency를 수치적으로 보면 정비례 관계를 볼 수 있다.

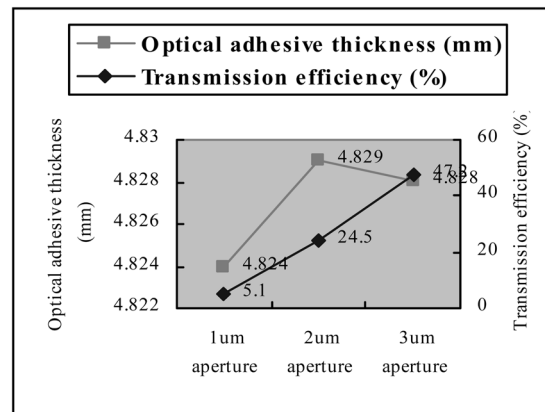


Fig. 7. Measurement of Transmission Efficiency by Aperture Layer Hole Size.

## 4. 결 론

본 논문에서는 MEMS 공정으로 제작된 MLA의 광 효율 성능을 향상시키기 위하여 Aperture Layer를 이용하였으며, Optical Adhesive Thickness 또는 Aperture Layer Hole Size를 변수로 하여 실험하였다. Optical Adhesive Thickness는 시뮬레이션 및 실제 결과에서 각각 130  $\mu\text{m}$ , 120  $\mu\text{m}$ 의 Gap에서 최대의 광 효율을 얻었고, Aperture Layer Hole Size의 면적에 비례하여 광량이 증가하였다.

## 감사의 글

본 논문이 진행될 수 있도록 실험 및 연구개발에 도움을 주신 아주대학교 MEMS 연구실과 오오프티 임직원 여러분들께 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

## 참고문헌

1. Dan Daly, "Microlens Arrays", CRC Press, pp. 7-39,

- pp. 96-129, 2001.
2. H. Urey and K. D. Powell, "Microlens array based Exit pupil Expander for Full-color Displays", *Appl. Opt.* 44(23), pp.49304936, 2005.
  3. M. He, X. C. Yuan, N. Q. Ngo and S. H. Tao, "Single Step Fabrication of a Microlens Array in Sol-gel Material by Direct Laser Writing and Its Application in Optical Coupling", *J. Opt. A* 6(1), pp. 94-97, 2004.
  4. L. Erdmann and K. J. Gabriel, "High-Resolution Digital Integral Photography by use of a Scanning Microlens Array", *Appl. Opt.* 40(31), pp. 5592-5599, 2001.
  5. 남민우, 오해관, 김근영, 서현우, 위창현, 송요탁, 양상식, 이기근, "Maskless lithography 응용을 위한 마이크로렌즈 어레이 개발", *마이크로전자 및 패키징학회* Vol. 16, No. 4, P. 1-00. 2009.
  6. Minwoo Nam, Haekwan Oh, Hyunwoo Seo, Yotak Song, Sangsik Yang, Keekeun Lee, "Development of a Polymer Coating-Based Microlens Array on Isotropically Wet-Etched Quartz Substrates for Maskless Lithography Application", *Japanese Journal of Applied Physics* 49 06GN10, 2010.
  7. Daniel Malacara, "Optical Shop Testing 3<sup>rd</sup>", A John Wiley & Sons, Inc., pp. 808-831, 2007.
  8. Ren Yang, Kin Foong Chan, Zhiqiang Feng, Wenhui Mei, "Design and Fabrication of Microlens and Spatial Filter Array by Self-Alignment", *Proceedings of SPIE* Vol. 4985, pp. 26-36, 2003.

접수일: 2011년 2월 25일, 1차심사일: 2011년 3월 4일,  
2차심사일: 2011년 3월 10일, 게재확정일: 2011년 3월 15일