

## 아크릴 레진을 이용한 초소형 PMMA 렌즈 배열의 제작

### Fabrication of PMMA refractive microlens array using transparent acrylic resin

안시홍, 김용권  
서울 대학교 전기공학부  
equalize@chollian.net

미세가공 기술을 이용한 초소형 렌즈의 제작 및 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 초소형 렌즈의 응용 분야는 바코드 스캐너, 레이저 프린터, 프로젝터, 광 기록 장치, 광섬유를 이용한 광 통신 등이 있으며 앞으로도 더 많은 응용 분야를 위한 광범위한 설계와 제작 공정들이 연구되어 갈 것이다. 본 논문에서는 아크릴 레진을 이용하여 초소형 렌즈를 제작하는 공정을 개발하여 새로운 재료와 공정에 대한 가능성을 확인한다.

현재까지 보고된 초소형 렌즈의 제작 방법은, 기판 직접 가공법 (레이저 또는 플라즈마에 의한 기판 직접 가공<sup>(1)</sup>, 기판의 굴절율을 국부적으로 변화시키는 이온 교환법 등) 과 기판 상에 별도의 구조층을 적층하여 렌즈를 형성하는 방법(computer controled inkjet method, plastic moding<sup>(2)</sup> and intrusion<sup>(3)</sup>, photoresist reflow<sup>(4)</sup> 등) 등이 있다. 기판 직접 가공법 또는 몰딩에 의해 제작하는 렌즈를 제작하는 경우 다른 구동부를 동일 기판 상에 제작하는 것이 쉽지 않으며 감광제를 사용하는 경우 낮은 광투과율과 효율성을 극복하는 데에 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점들을 극복하기 위해 새로운 재료인 투명 아크릴 레진을 선택하여 초소형 렌즈를 제작함과 동시에 MEMS 공정의 재료로서의 가능성을 시험해보았다.

PMMA(polymethylmetacrylate)는 이미 기존의 플라스틱 렌즈 재료로서 널리 사용되고 있는 물질이며, 본 연구에서는 MMA liquid와 중합제로 이루어진 아크릴 레진 키트를 이용하여 PMMA 렌즈를 제작한다. 17 $\mu$ m 두께의 PMMA 박막을 이용하여 측정된 광투과율은 98%이며 굴절율은 1.49 이다. 제작된 렌즈의 설계 직경은 200 $\mu$ m, 300 $\mu$ m, 500 $\mu$ m 이며 각 크기의 렌즈들은 5x5의 배열을 이루고 있다.

렌즈 제작을 위해 PMMA film을 유리 기판 위에 형성한 후, 그 위에 사진 공정 및 reflow 공정을 통해 photoresist 초소형 렌즈 형상을 만든다. PMMA 자체가 UV광에 대해 감광성을 가지지는 못하므로, O<sub>2</sub> plasma를 이용한 건식 식각을 통해 렌즈 형상을 PMMA에 전사한다. 건식 식각 후 형성된 PMMA 렌즈 구조물을 220° C 온도로 열처리를 하면, 열가소성 수지인 PMMA가 녹아 reflow가 일어나면서 구조물이 더욱 곡면 형상으로 바뀌게 되며 표면도 매끄럽게된다.

Laser profilometry를 이용하여 제작된 렌즈의 형상 측정된 결과, 열처리 공정을 통해 PMMA가 reflow하여 최초의 설계되었던 렌즈 직경보다 커져 최종 직경은 각각 254 $\mu$ m, 377 $\mu$ m, 514 $\mu$ m가 되었다. 렌즈의 최종 sag는 초기 PMMA의 두께를 유지하고 있으며, 열처리 온도 및 시간을 조정

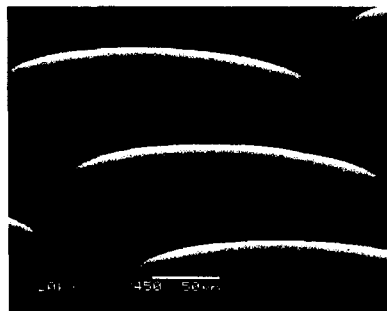
하여 렌즈 직경 및 곡률 등을 변경할 수 있다. 그림 1은 제작된 초소형 렌즈 배열의 주사 현미경 사진이다. 사진에서 보이는 렌즈 면의 상태는 매우 양호하며 배열 내의 렌즈들 간의 형상들은 균일성을 보여준다. 측정된 렌즈의 곡면 형상으로부터 곡률 반경을 계산하고 다시 이로부터 초점거리 및 focal ratio를 계산 할 수 있다. 계산된 결과는 아래 표 1 과 같다.

References

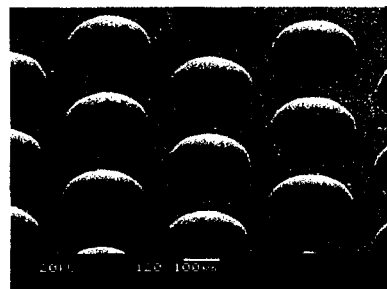
[1] M. Wakaki, Y. Komachi, and G. Kanai, Microlens and microlens arrays formed on a glass plate by use of a CO2 laser, Appl. Opt., Vol. 37, No. 4, 1998, pp627-631  
 [2] U.Köhler, A. E. Guber, W. Bier, M. Hecke, Fabrication of microlens by plasmaless isotropic etching combined with plastic moulding, Sensors and Actuators A 53, 1996, pp361-363  
 [3] Li-Wei Pan, Liwei Lin, and Jun Ni, Cylindrical Plastic Lens Array Fabricated by A Micro Intrusion Process, Technical Digest of MEMS99, Orlando, USA, January 1999, pp217-221  
 [4] Margaret B. Stern and Theresa R. Jay, Dry etching for coherent refractive microlens arrays, Opt. Eng., Vol. 33, No. 11, 1994, pp3547-3551

표 1 제작된 렌즈의 사양

렌즈 직경 (열처리 전)	200 $\mu\text{m}$	300 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$
렌즈 직경 (열처리 후)	254 $\mu\text{m}$	377 $\mu\text{m}$	514 $\mu\text{m}$
Sag (lens height)	17.14 $\mu\text{m}$	17.22 $\mu\text{m}$	17.92 $\mu\text{m}$
Focal length	595 $\mu\text{m}$	983 $\mu\text{m}$	2040 $\mu\text{m}$
Focal ratio	2.35	2.61	3.96



(a)



(b)

그림 1. 제작된 초소형 렌즈의 전자 현미경 사진