

## PMMA 마이크로 몰드를 이용한 PDMS 마이크로 렌즈의 제작

김일영, 민상홍, 김현수, 윤태욱, 김창교  
 순천향대 전자정보공학과

### A fabrication of PDMS micro lens using PMMA micro mold

Il-Young Kim, Sang-Hong Min, Hyun-Su Kim, Chang Kyo Kim, Tae-Uk Yun  
 Dept. of Electronic Information Engineering, Soonchunhyang University

**Abstract** - 마이크로 렌즈를 제작하기 위해 PMMA 몰드를 PMMA 용액을 MEMS 기술을 이용하여 제작한 실리콘 마이크로 홀 어레이에 PMMA 용액을 스핀 코팅하여 제작하였다. PMMA 몰드에 PDMS 용액을 코팅하여 OLED 광추출 향상용 마이크로 렌즈를 제작하였다.

#### 1. 서 론

OLED는 자발광소자이며, 빠른 응답속도와 넓은 시야각, 낮은 구동 전압 등의 장점을 가지고 있기 때문에 많은 관심을 받고 있다. 특히 백색 OLED는 면조명용으로 높은 가능성을 갖고 있는 것으로 알려져 있다. 면조명용으로 백색OLED를 사용하기 위해서는 공기와 유기물 박막 사이의 굴절률 차이 때문에 내부에서 발생한 광자와 소자 외부로 방출된 광자의 비율로 나타내는 광추출 효율(outcoupling efficiency),  $\eta_{out}$ 가 20%인 것으로 알려져 있다[1]. 광추출 효율을 향상시키기 위한 여러 가지 방법이 제안되어 있다. 공진 캐비티(resonance cavity)[2], 표면 플라즈몬 여기(excitation of surface plasmon)[3], 저굴절률 물질의 삽입[4], 기판에 수직인 브래그 산란(Bragg scattering)을 유도하기 위한 광학적 활성층의 도입[5,6] 등의 많은 방법들이 광추출 효율을 향상시키기 위해 연구되고 있다. 그러나 이러한 방법들은 색 번짐 현상, 제조상의 어려움 등의 문제점을 보여주었다. 그래서 이러한 것만 해결하기 위해 mm 급의 렌즈를 OLED 소자의 발광하는 클래스에 부착하는 방법을 사용하였다[7]. 그러나 렌즈의 크기가 너무 커서 OLED의 각 소자에 렌즈를 정렬시켜서 부착하기가 어려운 문제가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 마이크로 급의 렌즈를 부착하여서 광 추출 효율을 향상시켰다[8]. 이 방법은 렌즈를 각 OLED 소자와 정렬을 필요로 하지 않아서 렌즈를 OLED 소자에 부착하는데 효율적이다.

마이크로 렌즈를 정밀하게 제작하려면 니켈 스텝퍼를 이용하기 때문에 공정 비용이 높아지게 된다. 본 논문에서는 공정을 단순화 하고 비용을 줄이기 위해 새로운 공법의 PMMA 몰드 제작 기술을 개발하였고 이를 이용하여 PDMS 마이크로 렌즈를 제작하였다.

#### 2. 실험

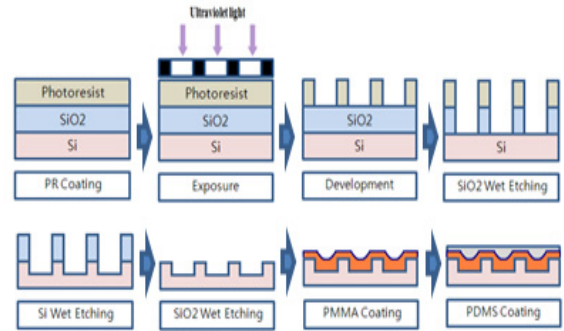
##### 2.1 마이크로 렌즈 제작

PMMA 몰드를 이용한 마이크로 렌즈를 제작하기 위해 양면에 500  $\mu\text{m}$  두께의 SiO<sub>2</sub> 형성된 4인치 웨이퍼를 이용하였다. <그림 1>은 포토리소그래피(photo lithography) 기술로 PMMA몰드를 이용한 PDMS 마이크로 렌즈를 제작하는 공정의 순서도를 나타낸 것이다.

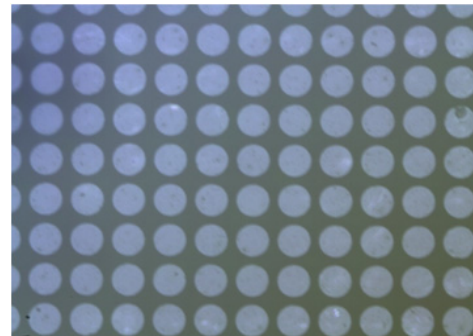
우선 실리콘 웨이퍼 상에 존재할 수 있는 유기 및 무기 오염물질과 금속 오염물질을 제거하기 위하여 기판을 세정하였다. 세정은 초음파 세척기를 이용하여 DI water로 5분간 세척하고 아세톤-메탄올-에탄올-IPA 순서로 세정하였다. 그 후 실리콘 웨이퍼 상에 남아 있을 수분을 제거하기 위해 pre bake를 시켜주었다.

세정 후 스핀 코터로 PR을 도포하였고 소프트 베이크를 시켜 PR의 용매를 증발시켰다. 마이크로 렌즈를 제작하기 위해 지름이 90  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ 인 크롬 마스크를 이용하여 노광시켜 PR 패턴을 형성한 후에 습식 식각법으로 실리콘 몰드를 제작하였다.

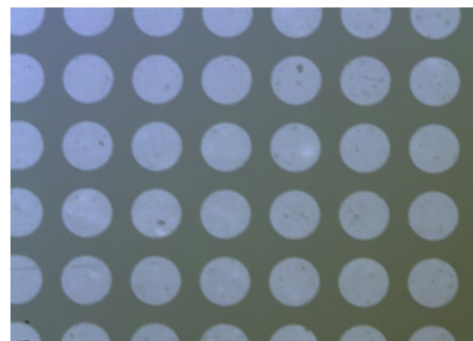
식각공정은 산화막 식각과 실리콘 식각 두 단계로 진행하였다. 산화막은 BOE 용액을 이용하여 상온에서 식각하였다. 산화막 제거후 실리콘 웨이퍼를 TMAH 용액으로 습식 식각하여 실리콘 몰드를 제작하였다. <그림 2>는 크롬 마스크 형상을 보여주고 있다.



<그림 1> PDMS lens 제작 공정도



(a) 지름 90  $\mu\text{m}$  마스크



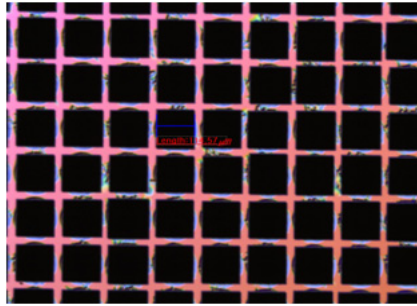
(b) 지름 150  $\mu\text{m}$  마스크

<그림 2> 크롬마스크

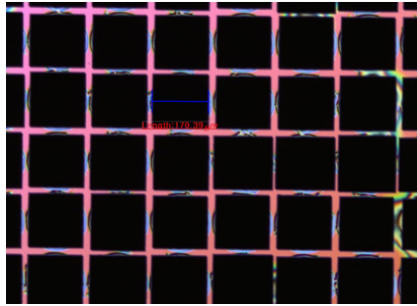
완성된 실리콘 패턴위에 클로로포름으로 PMMA를 용해시켜 PMMA 용액을 제조하였다. PMMA 용액을 스핀코팅(Spin Coating)하여 PMMA 마이크로 몰드를 만들었다. PMMA 용액의 점성과 무게로 인하여 실리콘 몰드의 빈 공간에 피라미드형의 PMMA 마이크로 몰드가 형성되었다.

PMMA 마이크로 몰드위에 PDMS를 도포한 후 열을 가하여 PDMS 마이크로 렌즈를 제작하였다.

### 3. 결과 및 고찰



(a) 114  $\mu\text{m}$



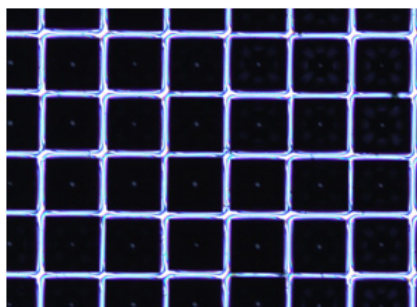
(b) 170  $\mu\text{m}$

<그림 3> 실리콘 몰드 패턴

<그림 3>은 MEMS 공정을 이용하여 제작한 실리콘 패턴의 광학 현미경 사진이다. 완성된 실리콘 패턴을 광학 현미경으로 확인한 결과 가로, 세로의 길이가 114  $\mu\text{m}$ 와 170  $\mu\text{m}$ 이었다. 실리콘 웨이퍼를 습식 식각할 경우 실리콘 웨이퍼의 방향성 때문에 원형으로 식각이 되지 않고 사각형으로 식각이 된 모습을 볼 수 있다.



(a) 116  $\mu\text{m}$

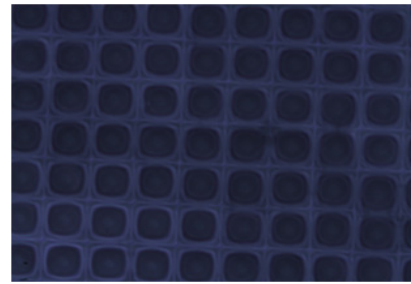


(b) 178  $\mu\text{m}$

<그림 4> 스핀 코팅하여 제작한 PMMA 마이크로 렌즈

<그림 4>는 PMMA 용액을 스핀 코팅하여 제작한 PMMA 몰드의 광학 현미경 사진이다. PMMA 몰드의 가로, 세로의 길이는 116  $\mu\text{m}$ , 178  $\mu\text{m}$ 이었다.

<그림 5>는 PDMS를 도포하여 완성한 마이크로 렌즈 사진이다. PDMS의 점성 때문에 마이크로 렌즈가 원형 모습으로 형성된 것으로 생각한다.



(a)



(b)

<그림 5> PDMS Micro lens

### 4. 결 론

MEMS 공정 기술을 응용하여 PMMA 몰드를 형성하기 위한 실리콘 웨이퍼 몰드 패턴을 형성한 후에 PMMA 용액을 스핀코팅하여 PMMA 몰드를 형성하였다. PMMA 용액의 점성 때문에 피라미드형 몰드가 형성된 것을 확인하였다. PMMA 몰드를 이용하여 PDMS 마이크로 렌즈를 형성하였다.

### 감사의 글

본 논문은 교육과학기술부의 지역혁신인력양성사업에 의해서 지원되었음을 감사드립니다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Kuniaki Ishihara, Masayuki Fujita, Ipeei Matsubara, Takashi Asano, and Susumu Noda, Hiroshi Ohata, Akira Hirasawa, and Hiroshi Nakada, Noriyuki Shimoji, "Organic light-emitting diodes with photonic crystals on glass substrate fabricated by nanoimprint lithography", Appl. Phys. Lett. Vol. 90, 111114, 2007.
- [2] T. Shiga, H. Fujikawa, and Y. Taga, "Design of multiwavelength resonant cavities for white organic light-emitting diodes", J. Appl. Phys. Vol. 93, 19, 2003.
- [3] J. Feng, T. Okamoto, and S. Kawata, "Highly directional emission via coupled surface-plasmon tunneling from electroluminescence in organic light-emitting devices", Appl. Phys. Lett., Vol. 87, 241109, 2005.
- [4] T. Tsutsui, M. Yahiro, H. Yokogawa, K. Kawano and M. Yokoyama "Doubling Coupling-Out Efficiency in Organic Light-Emitting Devices Using a Thin Silica Aerogel Layer", Adv. Mater. (Weinheim, Ger.), Vol. 13, p. 1149, 2001.
- [5] J. M. Lupton, B. J. Matterson, I. D. W. Samuel, M. J. Jory, and W. L. Barnes, "Bragg scattering from periodically microstructured light emitting diodes", Appl. Phys. Lett., 77, 3340, 2000.
- [6] C. Hubert, C. Fiorini-Debuisschert, I. Hassiaoui, L. Rocha, P. Raimond, and J. M. Nunzi, "Emission properties of organic light emitting diodes, patterned by a photoinduced autostructuring process", Appl. Phys. Lett., Vol. 87, 191105, 2005.
- [7] M. H. Lu and J. C. Sturm, "Optimization of external coupling and light emission in organic light-emitting devices: modeling and experiment", J. Appl. Phys., Vol. 91, p. 595, 2002.
- [8] Teng-Kai Shih, Chia-Fu Chen, Jeng-Rong Ho, Fang-Tzu Chuang, "Fabrication of PDMS (polydimethylsiloxane) microlens and diffuser using replica molding", Microelectronic Engineering, Vol. 83, pp.2499-2503, 2006.