

Micromolding process에 의한 refractive microlens의 제작

안시홍*, 이상호, 김민수, 김용권
서울대학교 전기공학부

Micromolding process using PDMS for refractive microlens

Si-Hong Ahn*, Sang-Ho Lee, Min-Soo Kim and Yong-Kweon Kim
School of Electrical Engineering, Seoul National University
#301-1104, San 56-1, Shillim-dong, Kwanak-gu, Seoul 151-742, Korea

Abstract - Micromolding process에 의한 refractive microlens array를 제작한다. PDMS, UV curable acryl adhesive 등 여러 가지 polymer 재료를 시도한다. 기존의 공정에서 주로 사용되던 etched bulk silicon, electroplated metal 등의 구조물이 아닌, polymer 구조물을 mold로 사용한다. Micromolding process에 의해 제작되는 microlens의 특성은 mold의 형상에 의해 결정된다. Reflow 공정에 의해 제작된 photoresist microlens는 매우 우수한 표면 특성과 형상 대칭성을 보여주므로, microlens의 mold로서 사용하기에 적합하다.

1. 서 론

PMMA(polymethylmethacrylate), PC(polycarbonate) 등의 polymer material을 재료로 사용하여 마이크로 렌즈를 제작하는 방법은 molding, embossing 등 여러 가지 방법을 통해 이루어져왔다. 대개의 경우 건식 또는 습식으로 등방 식각된 bulk silicon[1], 또는 전해 도금된 금속 구조물 등을 이용하였으며[2], 이들은 mold로서 우수한 견고함을 보여주었다. 마이크로 렌즈의 경우, molding 또는 embossing에 의해 제작되는 구조물의 반구 형태 및 형상 대칭성이 매우 중요하게 작용한다. 따라서, 등방 식각된 bulk silicon mold의 경우 습식 또는 건식 식각을 통해 가장 이상적인 형태가 얻어지는 공정 조건을 찾는 과정이 필요하며 다른 공정에 의한 mold 제작 시에도 마찬가지이다.

본 연구에서는 photoresist reflow에 의해 얻어지는 polymer microlens를 mold로 사용한다. 기존의 연구에서 잘 알려진 바와 같이, photoresist를 이용하여 reflow에 의해 microlens를 만드는 경우에는 거의 완벽한 반구에 가까운 형태를 이루며, 이는 기판과 photoresist 간의 작용하는 표면 장력에 기인한다. 그러나, 가시광선 및 자외선에 대한 광 투과성, 광 효율이 우수하지 못하여 그 photoresist 자체를 렌즈로 쓰기에는 부족하다. 이로 인해 건식 식각을 통해 다른 광 특성이 우수한 다른 재료에 렌즈 형태를 전사하는 공정 기술이 이용되기도 하였다[3,4].

Photoresist microlens를 micromold로 이용하게 되면, 기존의 건식/습식 식각된 bulk silicon mold 또는 electroplated metal mold에 비해 mold 형성 과정이 매우 간단하게 되며, 앞서 언급한 바와 같이 균일한 반구 형태의 microlens를 제작하기 용이한 장점이 있다. 단, photoresist mold는 열에 약한 plastic mold이므로 섭씨 100도 이하의 저온에서 micromolding process가

이루어져야 공정 중 변형이 일어나지 않는다.

2. Micromolding process

2.1 Photoresist microlens

Mold로 사용하기 위해 만들어지는 photoresist microlens 제작 공정에 사용된 photoresist는 PMER (TOK)이며 사진 공정 후 형성된 구조물의 높이는 16μm이다. 사진 공정에 의해 형성된 원통형의 구조물은 reflow에 의해 반구 형태를 이루게 된다. Reflow 온도는 섭씨 150~180도, 시간은 10~30분이며, 이는 microlens의 직경, sag 등 dimension에 의해 실험적으로 결정된다. 열처리 후 렌즈의 직경, sag는 열처리 전과 달라지며, 이는 기판 표면 성질 및 curing 조건에 의해 크게 좌우됨을 확인했다. 예컨대 glass 기판 상에서는 열변형과 함께 퍼짐 현상이 발생하여 10~30μm 가량 직경이 증가하는 반면에 silicon wafer 표면 상에서는 섭씨 150도 이하 저온에서 퍼짐 현상이 발생하나, 온도와 시간이 증가하면 오히려 직경이 감소하면서 sag는 1.5~2배 가량 높아진다. 이는 온도가 높은 경우, silicon wafer상의 photoresist의 thermalflow viscosity가 매우 낮아져서 표면 장력의 영향을 크게 받기 때문이라 생각된다. 그림 1은 PMER로 제작된 microlens array를 촬영한 SEM 사진이다.

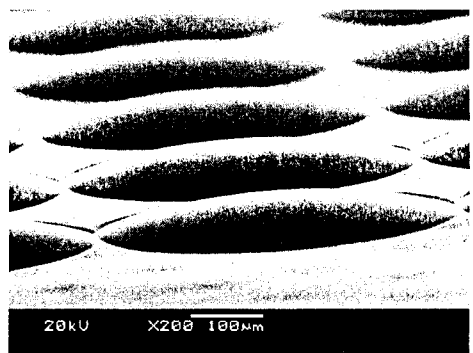


그림 1. Photoresist reflow에 의해 제작된 microlens

2.2 PDMS and UV curable resin

PDMS(polydimethylsiloxane)를 이용한 micro molding process가 특히 biomems 등의 분야에서 시도되고 있다. 본 연구에서는 광학 소자인 microlens의 소재로서

PDMS를 사용하며, 아울러 UV curable resin도 시도하여 보았다. PDMS 및 UV curable resin을 이용한 micromolding process를 그림 2에 나타내었다.

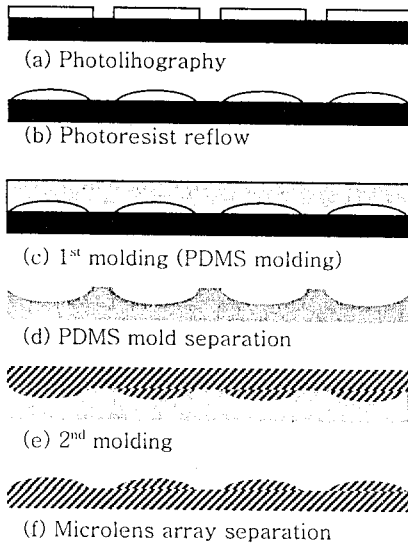


그림 2. Micromolding process using PDMS

PDMS(SYLGARD184, DOW CORNING CORP.)의 경우 silicone rubber로서 매우 유연한 재질이며, 제작된 microlens array는 곡면 기판 형태로도 이용 가능하다. 또한, 일반적인 silicone rubber 들과는 달리 PDMS는 부색투명하여 유리를 대체할 수 있는 광 소자 재료로도 적합하다. Elastomer base와 curing agent를 10:1 비율로 혼합하면 중합 반응이 일어난다. 혼합 시 발생하는 bubble을 vacuum oven에서 완전히 제거한 후 mold 위에 도포하여 섭씨 40-60도에서 6시간이상 bake 한다. 그림 4,5는 제작된 직경 500 μ m의 PDMS microlens array를 통하여 100 μ m x 100 μ m micromirror array를 관찰한 현미경 사진이다. 그림들은 동일 배율의 현미경 사진이며, 각각(1) microlens를 통하여 않은 경우(그림 3), (2) concave microlens (그림 4), 그리고 (3) convex microlens 를 통하여 이미지를 관찰한 경우 (그림 5)이다. 각 그림에 보이는 micromirror image를 비교해보면 concave microlens를 거친 경우는 작은 image가, convex microlens를 거친 경우는 확대된 image가 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 또한, PDMS microlens의 image는 매우 선명하다. 아울러 PDMS를 microlens material로 사용하지 않고, 2차 mold로 사용하여 acrylic/epoxy microlens를 유리 기판 위에 제작하였다. 2차 molding에서는 두 가지의 UV curable resin을 사용하였다. Acrylic resin 으로서 UV curable acrylic adhesive(Threebond co. ltd.)을 사용하였으며, epoxy resin으로서 SU8-25를 사용하였다. UV curable resin 도포 후, 10분 relax하여 bubble을 제거한다. 도포 시 spin coating을 이용하거나, weight plate를 이용하여 도포 된 resin을 균일한 두께로 맞춘다. UV조사 시간을 바꾸어 가며 실험한 결과, 너무 짧은 조사 시간의 경우 curing이 완결되지 않은 상태에서 형상이 일그러지거나 지나치게 오래 조사할 경우, UV에 의한 burning이 일어나 색깔이 매우 탁하게 된다. 본 실험에서의 적절한 조사 시간은, UV curable acrylic adhesive의 경우

20분이었으며 SU8-25의 경우는 5분이었다. 사용된 UV 광원은 파장 365nm, power 24W 이다.

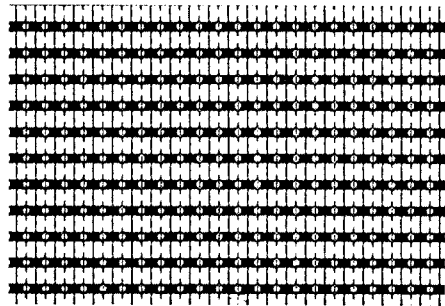


그림 3. Object : micromirror array
-mirror size 100 μ m x 100 μ m

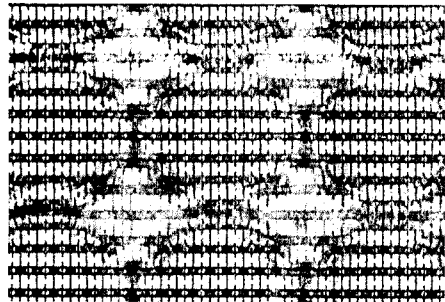


그림 4. Image through PDMS concave microlens

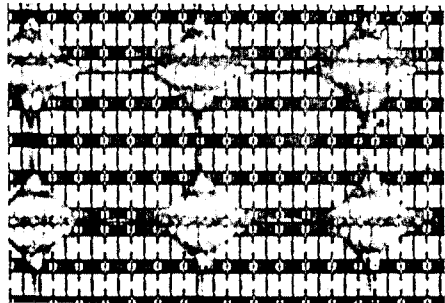


그림 5. Image through PDMS convex microlens

아래 표 1과 표 2에 나온 microlens의 형상은 섭씨 150도, 15분 photoresist reflow의 결과이며, reflow 조건에 따라 렌즈 형상이 매우 달라진다. 또한 표에서 알 수 있듯이 사진 공경으로부터 2차 molding에 이르기까지 lens의 직경과 높이가 조금씩 달라지는 것을 알 수 있다. 그러나, molding process에 의한 형상 차이는 매우 미미하다.

표 1 제작된 microlens의 형상 비교 I

공정	Lens diameter	Lens sag
PMER사진공정 후	200 μm	16 μm
PMER 열처리 후	210 μm	14.5 μm
PDMS	215 μm	14 μm
UV curable resin	215 μm	14 μm

표 2 제작된 microlens의 형상 비교 II

공정	Lens diameter	Lens sag
PMER사진공정 후	300 μm	16 μm
PMER 열처리 후	312 μm	16 μm
PDMS	315 μm	15.2 μm
UV curable resin	315 μm	15 μm

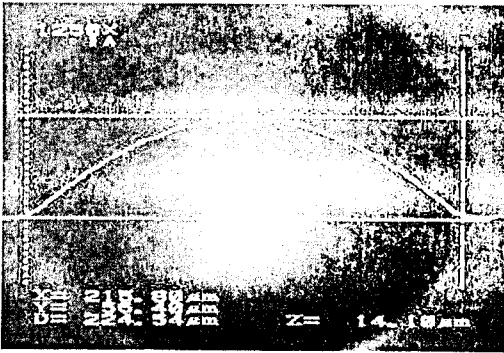


그림 6. 2nd molding의해 제작된 acrylic resin microlens의 형상

3. 결 론

PMER photoresist를 이용하여 만든 microlens를 mold로 사용하여 PMDS molding을 하였다. 1차 molding에 의해 제작되는 PDMS microlens외에도, 이를 이용한 2차 molding으로 acrylic resin/epoxy resin 소재의 microlens도 만들 수 있다. 제작된 PDMS microlens와 acrylic microlens는 뛰어난 투과성을 보였으며 광 특성 측정이 진행 중이다.

후 기

이 논문은 2000년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

[참 고 문 헌]

- [1] U.K hler, A. E. Guber, W. Bier, M.Heckele, "Fabrication of microlens by plasmaless isotropic etching combined with plastic moulding", Sensors and Actuators A 53, pp361-363, 1996
- [2] Li-Wei Pan, Liwei Lin, and Jun Ni, "Cylindrical Plastic Lens Array Fabricated by A Micro Intrusion Process", Technical

Digest of MEMS99, Orlando, USA, pp217-221, 1999

[3] Theresa R. Jay and Margaret B. Stern, "Preshaping photoresist for refractive microlens fabrication", Opt. Eng., Vol. 33, No. 11, , pp3552-3555, 1994

[4] Margaret B. Stern and Theresa R. Jay, "Dry etching for coherent refractive microlens arrays", Opt. Eng., Vol. 33, No. 11, pp3547-3551, 1994