



## 나노임프린트 리소그래피와 유연 PVA 템플릿을 이용한 렌즈 표면 moth-eye 패턴 형성에 관한 연구

배병주<sup>a</sup>, 홍성훈<sup>a</sup>, 곽신웅<sup>b</sup>, 이 현<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>고려대학교 신소재공학과, <sup>b</sup>코닉시스템

### Fabrication of Moth-Eye Pattern on a Lens Using Nano Imprint Lithography and PVA Template

B. J. Bae<sup>a</sup>, S. H. Hong<sup>a</sup>, S. U. Kwak<sup>b</sup>, H. Lee<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Materials Science and Engineering, Korea University,  
 Anam-dong 5-1, Sungbuk-gu, Seoul 136-713, Korea

<sup>b</sup>RND Center, Kornic System Co, Jung-Ri 605, Dongtan-Myun, Hwasung,  
 Kyungki-do 445-813, Korea

(Received January 30, 2009 ; revised April 29, 2009 ; accepted April 30, 2009)

#### Abstract

Antireflection pattern, moth-eye structure, was fabricated on lens using Ultra Violet nanoimprint lithography and flexible template. Ni template with conical shaped structure was used as a master template to molding. The flexible poly vinyl alcohol template was fabricated by molding. This poly vinyl alcohol template was used as an imprint template of imprint at lens. Using Ultra Violet nanoimprint lithography and poly vinyl alcohol template, polymer based moth-eye structure was formed on lens and its transmittance was increased up to 94% from 92% at 550 nm wavelength.

*Keywords: Moth-eye effect, Antireflection, Poly(vinyl alcohol)(PVA), Molding, Transmittance, UV nano imprint lithography*

## 1. 서 론

최근 디스플레이, 태양전지 등 광소자에 대한 관심이 증가되면서 무반사 효과에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 현재 반사율을 감소시키기 위해 가장 많이 사용되는 방법은 굴절율이 다른 물질을 교대로 증착하여 빛의 상쇄간섭을 일으킴으로써 표면의 반사율을 감소시키는 방법이다. 그러나 이 방법은 전과장 영역대에 적용시키기가 어려울 뿐만 아니라, 입사각이 달라지면 반사를 차단하는 것이 힘들다는 문제점을 가지고 있다.

자연계에는 수십 나노미터에서 수백 나노미터 혹은 마이크로 급의 나노 구조가 존재하며 이 마이크

로 나노 구조들은 특수한 기능을 나타내고 있다. 그 대표적인 예가 연잎 표면의 나노 구조가 나타내는 초소수성과, 곤충의 날개, 나방의 눈 등에서 나타나는 무반사 효과이다<sup>1-3)</sup>. 곤충의 날개, 나방의 눈은 200~300 nm 크기의 나노 구조를 가지고 있으며 이 나노 구조들은 반사율을 감소시킨다<sup>4)</sup>.

이러한 효과를 모스 아이 효과라고 부르며, 모스 아이 효과는 빛의 파장대보다 작은 크기의 패턴에서 더 효과적으로 나타난다. 이 모스아이 구조를 이용하면 반사율을 급격하게 감소시킬 수 있다. 모스 아이 구조를 이용한 무반사 기술은 넓은 파장 영역, 넓은 입사각에 구애 받지 않는다는 장점이 있어 무반사 코팅을 대체할 방법으로 많은 연구가 진행 중이다<sup>5)</sup>. 이러한 모스 아이 구조를 형성시키기 위해서는 전자선 리소그래피 등과 같은 고가의 리소그

\*Corresponding author. E-mail : heonlee@korea.ac.kr

래피 기술이 필요하고 평면 기관에만 패턴의 구현이 가능하기 때문에 현실적으로 사용되기 어렵다.

나노 임프린트 리소그래피(NIL)는, 수십 나노 미터의 패턴까지도 간단한 공정과 저가의 공정 비용으로도 나노 구조의 형성이 가능하여 차세대 리소그래피로써 주목받고 있다<sup>6)</sup>.

또한 기존에 사용되고 리소그래피 방법들이 평면 기관에만 가능한 반면 유연한 고분자 템플릿을 이용하면 평면 뿐만 아니라 곡면에도 패턴닝이 가능하다는 장점이 있다. 현재, 고분자 템플릿으로는 poly vinyl chloride(PVC), poly vinyl alcohol(PVA), poly-dimethylsiloxanes(PDMS) 등이 핫엠보싱 및 몰딩법을 통하여 제작되어 사용되고 있다<sup>6-9)</sup>. 이 중 PVA 템플릿은 유연 할 뿐만 아니라, 물에도 쉽게 녹아 특별한 이형 처리 없이도 고분자 패턴과의 분리가 가능하다는 장점이 있다<sup>7)</sup>.

따라서, 본 연구에서는 유연한 PVA 템플릿과 UV-NIL을 이용하여 렌즈 위에 모스 아이 구조를 형성하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 PVA 템플릿 준비 및 UV-NIL

실험의 진행방법은 그림 1과 같이 몰딩법을 통해 PVA 템플릿을 준비하는 과정과 UV-NIL을 이용하여 렌즈 위에 패턴을 형성시키는 방법으로 나뉜다.

PVA 템플릿을 제작하기 위하여 레이저 간섭 리소그래피와 도금 공정을 이용하여 제작된 Ni 마스터 템플릿을 사용하였다. Ni 마스터 템플릿은 그림 2와 같이 높이 100 nm, 너비 250 nm 크기의 원뿔이 정렬된 형태이다.

PVA 템플릿은 몰딩법을 사용하여 제작되었다. PVA 레진의 경우 PVA의 함량비가 높을수록 패턴의 강도가 우수하나, 몰딩이 잘 되지 않는 문제점이 있다. 또한 PVA의 함량비가 낮으면 몰딩력은 매우 우수해지나 제작된 PVA 템플릿의 강도가 낮아 뜯어지는 문제점이 발생한다. 따라서 본 실험을 위

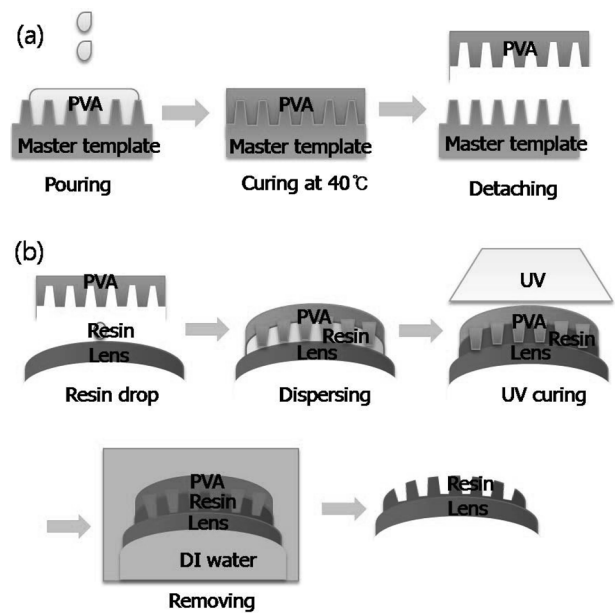


Fig. 1. overall process of (a) PVA molding, (b) fabrication of moth-eye pattern using UV-NIL.

해 우수한 몰딩력과 적절한 강도를 유지하는 10 wt%의 PVA 레진을 선택하였다. 우선 PVA를 증류수에 10 wt% 비율로 녹여 PVA 레진을 만들었다. 이 후 만들어진 PVA 레진을 Ni 마스터 템플릿 위에 충분히 도포한 뒤 40°C에서 2시간 동안 경화하였다. 경화가 끝난 PVA 필름을 Ni 마스터 템플릿과 분리하여 PVA 템플릿을 완성하였다.

몰딩법을 통해 만들어진 PVA 템플릿을 사용하여 렌즈 위에 UV-NIL을 진행하였다. 우선 렌즈 표면을 에탄올과 증류수를 이용하여 세척하였다. 레진으로는 켈옵틱스사의 ZPU 레진( $n=1.43$  at 550 nm wavelength)을 사용하였다. 레진을 렌즈 위에 0.30  $\mu\text{l}$  정도 떨어뜨린 후 PVA 템플릿으로 가압하였다.

15분간 진공 상태에서 PVA 템플릿과 렌즈를 접촉시켜, 레진이 고르게 퍼질 수 있도록 하였다. 그 후 UV를 20분간 조사하여 레진을 경화시켰다. 경화가 끝난 뒤 PVA 템플릿과 패턴을 분리하기 위해 증류수 안에 렌즈를 넣어 PVA 템플릿을 제거하였다.

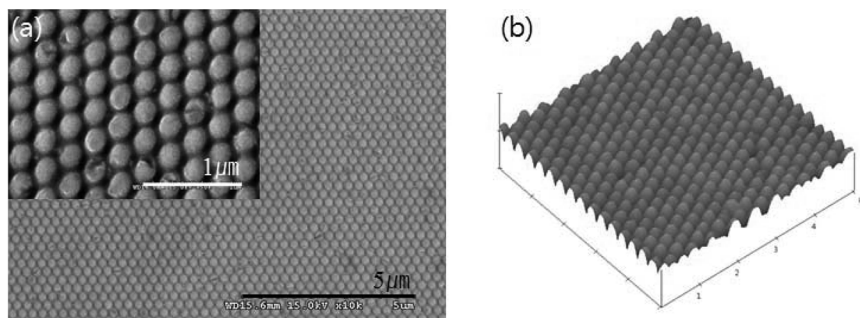


Fig. 2. (a) SEM image, (b) AFM image of master template.

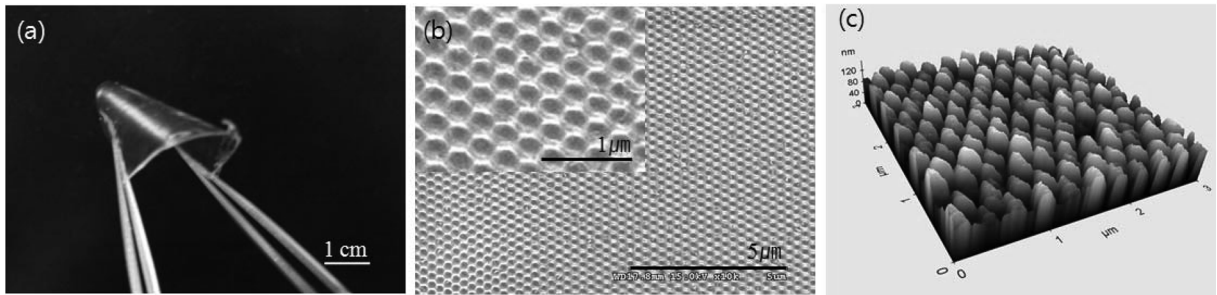


Fig. 3. (a) Moth-eye patterned PVA template, (b) SEM image (c) AFM image of PVA template.

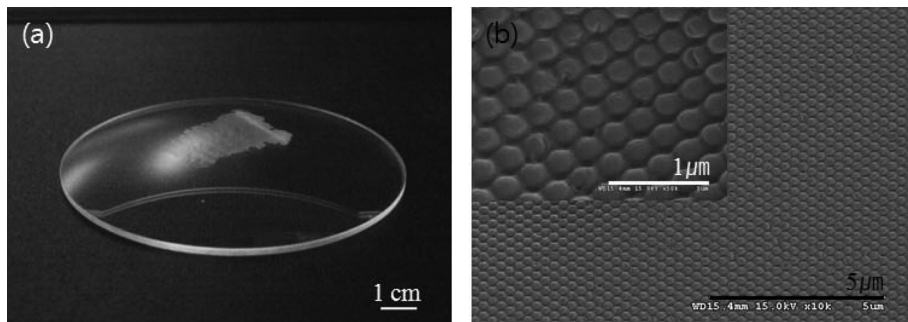


Fig. 4. (a) Moth-eye patterned lens, (b) SEM image of moth-eye pattern on a lens.

### 2.2 광학 특성 분석

모스 아이 구조가 형성된 렌즈의 광학 특성을 분석하기 위해 니폰 덴쇼쿠 사의 NDH-5000장비를 사용하였다. 이 장비는 Double-Beam 방식으로 백색 LED 광원을 사용하였으며, 550 nm 파장에서의 투과율과 탁도를 측정하였다.

알 수 있다. 이 PVA 템플릿을 이용하여 렌즈 위에 패턴을 형성한 후, 증류수에 넣어 PVA 템플릿을 제거한 결과 고분자 레진 패턴의 손상 없이 PVA 템플릿만 녹아 제거되어 그림 4(a)와 같이 2 cm×2 cm 면적에 모스 아이 구조가 형성 되었다. PVA 템플릿을 제거한 후 렌즈 위에 형성된 모스 아이 구조를 주사현미경으로 관찰한 결과, 그림 4(b)와 같이 Ni 마스터 템플릿에 있던 모스아이 구조와 같은 형태의 구조를 형성하는데 성공하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 모스아이 구조 형성

그림 3은 몰딩법을 통해 제작된 PVA 템플릿의 사진이다. 그림 3(c)와 같이 Ni 마스터 템플릿에 있던 원뿔 형태의 역상이 PVA 필름에 전사되었음을

### 3.2 광학 특성 평가

표 1은 렌즈의 광학적 특성을 평가한 결과이다. 총 투과율은 평행 투과율과 확산투과율의 합이며,

Table 1. Optical property of lens and moth-eye patterned lens

Sample	Haze(%)	T.T(Total transmittance %)	P.T(Total transmittance %)	D.T(Total transmittance %)
Lens	0.23	92.43	92.22	0.21
	0.24	92.43	92.21	0.22
	0.24	92.44	92.22	0.22
Moth-eye patterned lens	0.14	94.04	93.91	0.13
	0.14	94.05	93.92	0.13
	0.17	94.36	94.20	0.16
	0.17	94.97	94.81	0.16
	0.22	95.19	94.98	0.21
	0.24	95.16	94.93	0.23
	0.27	95.19	94.93	0.26
	0.29	95.16	94.88	0.28

탁도는 총투과율에 대한 확산투과율의 비율이다. 표 1에 나타난 것처럼 처리되지 않은 렌즈의 균일하게 평행 투과율은 92.2%, 확산 투과율은 0.2%로 총 투과율은 92.4%이고, 탁도는 0.24% 정도이다. 모스 아이 구조가 형성된 렌즈의 경우 평행 투과율은 93.91%에서 94.98%로 처리되지 않은 렌즈에 비해 최소 1.5%, 최대 2.58%까지 증가하였으며, 확산 투과율은 0.13%에서 0.28%까지 나타났다. 그에 따라 총투과율은 94.04%에서 95.19%까지 처리되지 않은 렌즈에 비해 최소 1.8%에서 최대 2.9%까지 증가하여 투과율 향상에 효과가 있음을 확인하였다. 탁도의 경우 렌즈의 탁도가 0.24%인데 비해 패턴이 형성된 렌즈의 경우 0.14에서 0.29까지 다양하게 나타났다. 유연한 템플릿으로 임프린트를 진행할 경우 발생하는 문제점 중 하나는 패턴과 기관 사이에 남아있는 고분자 레진 잔여층이 균일하지 않다는 것이다. 본 실험에서 사용된 PVA 템플릿으로 곡면 렌즈위에 패턴링한 경우에도 균일한 잔여층이 형성되지 않았을 것으로 사료되며, 이 때문에 분산투과율이 증가하여 부분적으로 탁도가 증가한 것으로 생각된다.

본 실험 결과에서 확인하듯 유연한 PVA 템플릿과 NIL을 사용하면 곡면 위에도 손쉽게 나노 구조를 형성시키는 것이 가능하며, 모스 아이 나노 구조의 형성을 통해 투과율이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 불균일한 잔여층으로 인해 탁도가 증가하는 부분이 생긴 것으로 판단된다. 이를 해결하기 위해 PVA보다 레진층을 더 가압할 수 있는 고분자 템플릿을 사용해야 할 것이며, Polydimethylsiloxane (PDMS), hard-PDMS 등이 그 대안이 될 수 있을 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 유연한 PVA 템플릿과 NIL을 이용하여 렌즈 위에 모스 아이 구조를 형성하였다. 물

딩법을 이용하여 Ni 마스터 템플릿에 있는 높이 100 nm, 너비 250 nm 크기의 모스 아이 구조의 역상을 PVA 레진으로 복제하였다. 전방향에 곡률이 있는 렌즈 위에 PVA 몰드를 UV-NIL의 템플릿으로 사용하여 모스 아이 구조를 형성하였다. 모스 아이 구조를 형성한 결과, 처리되지 않은 렌즈에 비해 투과율은 약 1.8%~2.9% 정도 증가하였으며 탁도 또한 감소하는 효과를 확인하였다.

#### 후 기

본 연구는 지식경제부와 한국 산업 기술 재단의 전략 기술 인력 양성 사업으로 수행된 연구결과입니다.

#### 참고문헌

1. W. Barthlott, C. Neinhuis, *Planta*, 202 (1997) 1.
2. L. Feng, S. Li, Y. Li, H. Li, L. Zhang, J. Zhai, Y. Song, B. Liu, L. Jiang, D. Zhu, *Adv. Mater.*, 14(24) (2002) 1857.
3. P. B. Clapham, M. C. Hutley, *Nature*, 244 (1973) 281.
4. C. G. Bernhard, 26 (1967) 7.
5. Y.-F. Huanng, S. Chattopadhyay, Y.-J. Jen, C.-Y. Peng, T.-A. Liu, Y.-K. Hsu, C.-L. Pan, H.-C. Lo, C.-H. Hsu, Y.-H. Chang, C.-S. Lee, K.-H. Chen, L.-C. Chen, *Nat. Nanotechnol.*, 2 (2007) 770.
6. K.-S. Han, S.-H. Hong, H. Lee, *Appl. Phys. Lett.* 91 (2007) 123118.
7. S.-Y. Hwang, S.-H. Hong, H.-Y. Jung, H. Lee, *Microelectron. Eng.*, will be published.
8. S.-H. Hong, J.-Y. Hwang, H. Lee, H.-C. Lee, K.-W. Choi, *Microelectron. Eng.*, will be published.
9. J. Y. Hwang, S.-H. Hong, H. Lee, *J. Nanosci. Nanotechnol.*, will be published.