

## 자외선 엠보싱 공정을 이용한 고분자 광 결정 파장분리기

### Fabrication of a polymeric photonic crystal

### wavelength-splitter using ultra-ciolet embossing process

성준호, 양정수, 오범환, 이승걸, 박세근, 이일항\*

\*인하대학교 정보통신공학부 OPERA(집적형광자기술연구센터)

sjuno01@hanmail.net

광 결정 구조를 고분자 물질로 구성할 경우, 그 굴절률은 대체적으로 매우 낮기 때문에 광 밴드갭이 형성되지 않거나 매우 작게 형성된다. 이는 고분자 물질로 광 결정 소자를 구성하는 데에 한계를 가져오게 된다. 하지만, 광 결정은 광 밴드갭 외에도 self-collimation<sup>(1)</sup> 현상이나, super-prism<sup>(2)</sup> 현상과 같은 단일 물질에서는 볼 수 없는 특이한 분산 특성을 갖고 있기 때문에, 이러한 분산 현상을 고분자 광 결정 소자의 설계, 제작에 이용하는 것은 매우 중요하다. 우리는 고분자 광 결정 내에서의 이러한 분산현상을 3차원 유한차분 시간영역(3-D FDTD) 전산모사를 통해 확인하였으며, 이를 기반으로 2차원 광 결정 구조와 기존의 도파로 구조를 접합시킨 고분자 광 결정 파장분리기를 설계하였다. 또한, 간단한 자외선 엠보싱 공정을 통해 이를 제작하였다. 이러한 고분자 물질을 이용한 광 결정 소자의 구현은 저가형 광소자의 대량생산과, 광 집적화를 좋은 대안이 될 것이다.

광자결정의 Self-Collimation 현상과 광 결정 내에서의 파장 별 진행방향의 상이성을 이용하여 파장분리기(1043-nm and 1550-nm)를 설계하였다. 그 개략적 구조는 그림 1-(c)의 삽입그림과 같다. 광 결정 면에 대해 22.5°로 기울어진 입력 도파로를 통해 입사한 빛은 반지름이 0.3a인 원형의 공기구멍으로 이루어진 사각격자 광 결정 영역에서 파장에 따라 다른 각도로 굴절되어 진행하며, 서로 다른 두 파장의 빛은 각각의 두 출력 도파로로 결합되어 진행하게 된다. 그림 1은 코어의 굴절률이 1.533 (at 1550-nm), 기판의 굴절률이 1.375 (at 1550-nm)인 평판형 파장 분리기의 3-D FDTD 전산모사 결과로서, 광 결정이 없는 구조의 경우 넓은 도파로 영역에서 파장에 대한 진행 각도가 거의 같고 퍼지는 것[그림 2-(a), (b)]에 비해, 광 결정이 있는 구조의 경우 각 파장에 대해 진행 각도가 달라지며 Self-Collimation 되어 진행하는 것을 확인할 수 있다[그림 2-(c), (d)].

자외선 경화성 고분자 물질(Exfine™ chemoptics,  $n_{TE}=1.533$  at 1550-nm)을 이용한 자외선 엠보싱 공정을 이용하여 광 결정 파장분리기를 제작하였다. 그 개략적인 공정 순서는 그림 2-(a)와 같다. 엠보싱을 위한 실리콘 스탬프는 전자 빔 리소그래피와 C12, O2, Ar 가스 혼합 내에서의 유도결합 플라즈마 식각을 이용하여 제작하였으며, 엠보싱 공정은 80-bar의 압력으로 스탬핑 하며, 2500-mJ/cm<sup>2</sup>의 자외선 노광을 통해 코어가 될 고분자 물질을 경화시켰다. 또한, 엠보싱공정 후 스탬프와 복제물 간의 순쉬운 분리를 위해 실리콘 스탬프의 표면에PPFC(Plasma Polymerized Fluorocarbon Film) 처리를 하였다. 최종 복제된 고분자 광 결정 파장분리기의 형상은 그림 2-(b)와 같다.

광 결정의 독특한 분산현상과, 자외선 엠보싱 공정을 이용하여 고분자 광 결정 파장분리기를 설계, 제작하였다. 이는 간단한 공정법과 작은 소자 크기로 인해 저가형 광소자의 대량생산과 집적화를 가능하게 할 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] H. Kosaka, T. Kawashima, A. Tomita, M. Notomi, T. Tamamura, T. Sato, and S. Kawakami, Phys. Rev. B 58, R10096 (1998).  
 [2] H. Kosaka, T. Kawashima, A. Tomita, M. Notomi, T. Tamamura, T. Sato, and S. Kawakami, Applied Physics Letters 74, 1212 (1999).

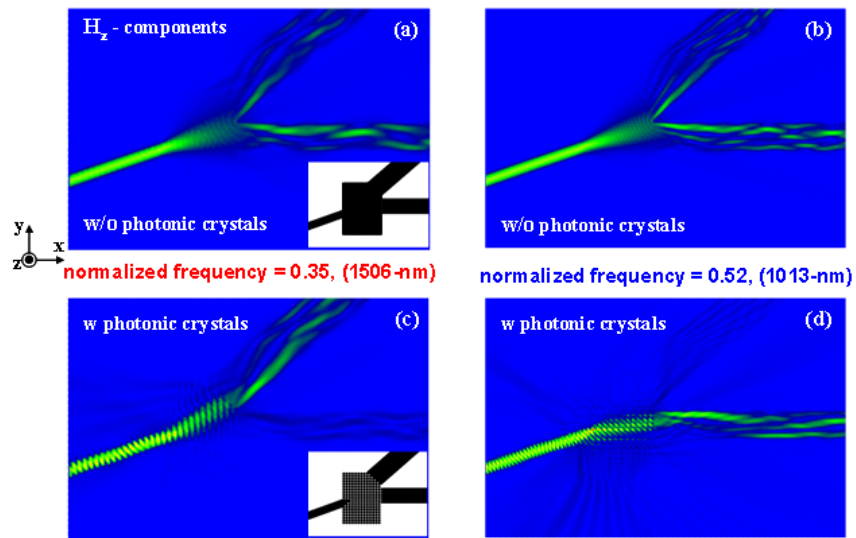


그림 1. 3-D FDTD simulation results

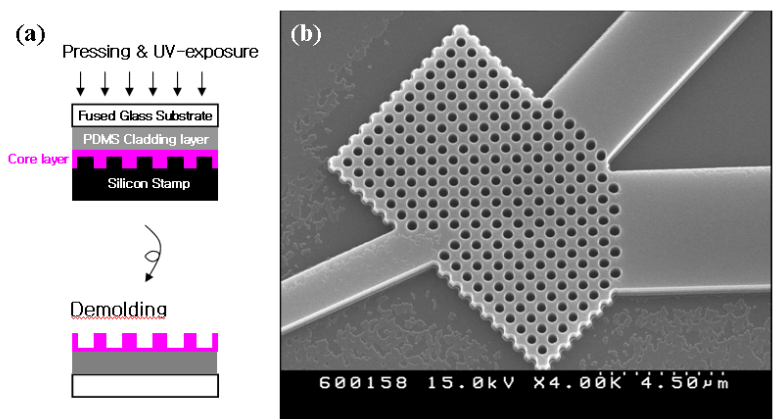


그림 2. (a) 자외선 엠보싱 공정 개략도, (b) 제작된 고분자 광 결정 파장분리기.