

저손실 폴리머 광도파로를 이용한 3-dB 방향성 광분배기

Optical directional coupler made of low-loss polymer waveguide

주현식, 김경조, 추우성, 오민철*

부산대학교 전자공학과 나노바이오광소자연구실

*mincheoloh@pusan.ac.kr

폴리머를 이용한 광소자 기술은 국내에서 한국전자통신연구원을 주축으로 깊이 있는 연구가 진행되어 왔으며^(1, 2), 최근 들어 나노 임프린팅 기술과 같은 제작 공정 기술의 개발로 저가의 폴리머 광소자 제작이 가능하게 되었다^(3, 4). 특히 스핀 코팅을 이용하여 광학적 특성이 우수한 박막을 제작할 수 있는 폴리머의 특수성은 광도파로를 만들기 위해서 가장 적합한 재료로 인정받고 있다⁽⁵⁾.

3-dB 방향성 광분배기는 입력되는 빛을 반으로 분배시키는 소자로서 광스위치나 광파워 변조기에 널리 사용되는 소자이다. 특히 고성능 광전류 센서에서 필요로 하는 방향성 광분배기는 빛의 편광상태를 유지한 채 광파워를 분배 시킬 수 있는 소자이어야 하는데, 현재 편광 유지 광섬유를 이용하여 제작이 가능하나 공정의 복잡성으로 인하여 제품의 단가가 고가인 단점이 있다. 폴리머 광도파로 소자의 도입은 이러한 단점을 해결할 수 있으며, 입출력부에 편광유지 광섬유의 연결을 통해 어레이형 3-dB 방향성 광분배기를 손쉽게 제작 할 수 있다. 본 논문은 폴리머 소재를 이용한 3-dB 방향성 광분배기의 설계 및 제작에 관한 것이다.

방향성 광분배기의 경우 커플링 되는 직선 광도파로의 길이에 따라 파워 분기가 다르게 나타나게 된다. 3-dB 파워 분기를 정확하게 설계하기 위하여 Beam Propagation Method (BPM) 시뮬레이션을 이용하였다. 시뮬레이션은 코어층의 굴절률을 1.48485, 클래드층의 굴절률을 1.48 로 두고 6 mm 너비의 광도파로 조건에서 실시하였고, 커플링되는 직선 광도파로의 길이를 0 mm 에서 5400 mm 로 변화시켜 광 파워의 분기를 살펴보았다. 직선 광도파로의 커플링 길이가 1200 mm 일 때와 4800 mm 일 때 광 파워의 분기가 50 : 50 으로 나타나는 것을 알 수 있었다. 그림 1에서는 직선 광도파로의 커플링 길이가 1200 mm 일 때 출력단의 광 파워가 50 : 50으로 분기되는 BPM 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

폴리머 3-dB 방향성 광분배기는 Chem Optics의 저손실 UV 경화 폴리머인 ZPU를 이용하였으며, 코어층과 클래드층의 굴절률을 각각 1.455 와 1.430으로 제작하였다. 광도파로는 inverted rib 구조로 설계 하였으며, 코어층과 클래드층의 굴절률 차이가 크므로 단일모드 조건을 유지하기 위해서 oversized rib 형태를 도입하였다⁽⁶⁾. 그림 2는 폴리머 3-dB 방향성 광분배기의 제작 공정이다. Si wafer 상에 ZPU 폴리머를 스핀 코팅한 후 UV를 조사하여 클래드층과 코어층을 형성하였으며, 광도파로는 AZ5214 포토레지스트를 이용한 포토리소그래피 공정 후, O₂ plasma 식각을 통하여 제작하였다. 광도파로의 코어는 6 mm x 5 mm의 크기로 제작하였으며, 2.4 mm 깊이로 식각하여 rib 구조를 형성하였다. 시뮬레이션 결과와 비교하기 위하여 커플링 되는 직선 광도파로의 길이를 0 mm 에서 5400 mm 까지 600 mm 씩 변화시켜가며 10개의 방향성 광분배기를 제작하였다.

제작된 3-dB 방향성 광분배기의 측정을 위하여 1550nm 파장의 DFB(Distributed-Feedback) 레이저 광원을 광분배기의 입력단에 입사하였으며, 광 파워 분기를 두 개의 출력단에서 측정하였다. 그림 3에서 와 같이 CCD로 관측되는 광 파워의 분기는 커플링되는 직선 광도파로의 길이가 1200 mm 일 때 출력단 양 측이 유사하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 그림 4는 직선 광도파로의 길이에 따른 분기되는 빛의

양을 광파워미터기로 측정하여 BPM 시뮬레이션 값과 비교한 그래프이다. 광도파로의 길이가 1200 mm 와 4800 mm 일 때 광 파워의 분기가 시뮬레이션과 유사한 값인 52 : 48, 47 : 53 으로 나타나는 것을 알 수 있었다.

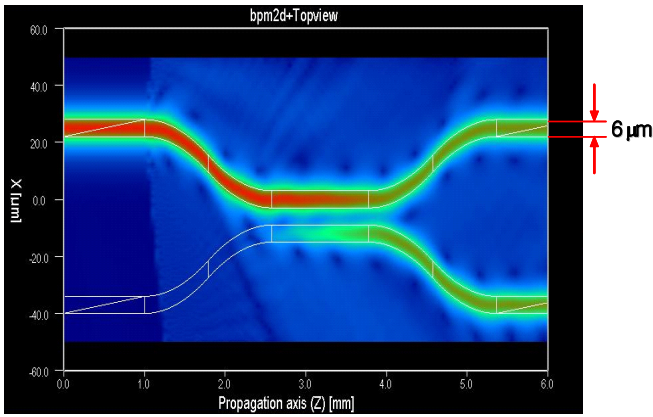


그림1. 직선 광도파로의 커플링 길이가 1200mm 일 때의 BPM 시뮬레이션 결과

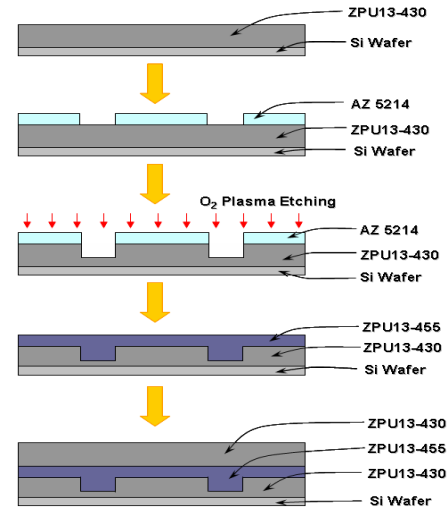


그림2. 폴리머 3-dB 방향성 광분배기의 제작공정

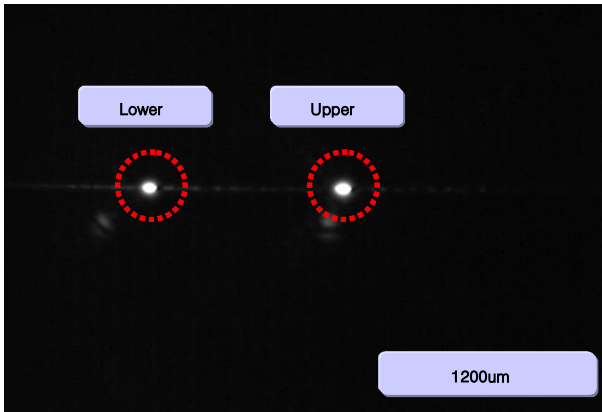


그림3. 1200mm 커플링 길이로 제작된 방향성 광 분배기의 CCD 카메라 측정결과

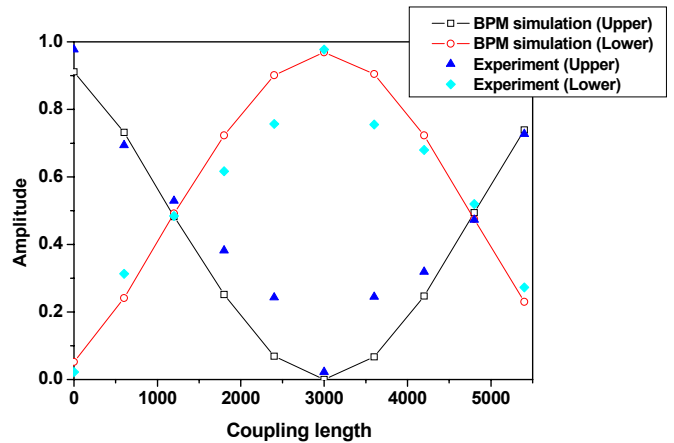


그림4. 방향성 광분배기의 직선광도파로 길이 변화에 따른 광 파워의 비율 변화 그래프

참고문헌

1. M.-C. Oh et al., "Tunable wavelength filters with Bragg gratings in polymer waveguides," Appl. Phys. Lett., 73, 2543-2545, 1998.
2. M.-C. Oh et al., "Asymmetric X-junction thermo-optic switches based on fluorinated polymer waveguides," IEEE Photon. Technol. Lett., 10, 813-815, 1998.
3. B. Cunningham et al., "A plastic colorimetric resonant optical biosensor for multiparallel detection of label-free biochemical interactions," Sensors and Actuators B, 85, 219-226, 2002.
4. R. D. Harris et al., "Integrated optical surface plasmon resonance immunoprobe for simazine detection," Biosensors and Bioelectronics, 14, 377-386, 1999.
5. S. Park et al., "Polymeric variable optical attenuator based on long range surface plasmon polaritons," Electron. Lett. 42, 402-404, 2006.
6. M.-C. Oh et al., "Recent advances in electro-optic polymer modulators incorporating phenyltetraene bridged chromophore," IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron., 7, 826-835, 2001.