

대형코어 폴리머 광도파로 광감쇠기

Variable Optical Attenuator based on Large Core Polymer Waveguide

조수홍, 백유진, 오민철

부산대학교 전자공학과 NB-Photonics Lab.

e-mail : mincheoloh.pusan.ac.kr

광신호의 특성을 열 광학 효과를 이용하여 제어하기 위한 폴리머 광소자에 관한 연구는 지난 10 여 년에 걸쳐 폭넓은 기술개발이 이루어 졌으며, 최근에 이르러 소자의 신뢰성 확인과 함께 다양한 상용 시스템에 적용되는 단계에 이르렀다^[1]. MEMS 기반의 광소자와 달리 안정된 소자 구조로 인해 장시간 사용 시에도 안정성이 뛰어나고 낮은 전압으로 소자 구동이 가능한 장점으로 인해 폴리머 광소자는 향후 그 응용 범위를 지속적으로 확장해 나아갈 것으로 기대된다. 본 논문에서는 광도파로 소자의 제작 과정에서 항상 문제시 되고 있는 복잡한 광섬유 정렬 과정을 단순화시키기 위한 방안으로서 대형 광도파로를 이용하는 방법과 열 광학 효과를 이용하여 저 전력으로 구동이 가능한 가변 광감쇠기를 제안하고 제작된 소자의 특성을 관찰 하였다.

본 그룹에서 발표한 열 확장 코어 (thermally expanded core : TEC) 광섬유와 연결 가능한 대형코어 단일모드 광도파로^[2]는 단일모드 조건을 만족시킴으로써 기존의 다중모드 광도파로^[3]와 차별성을 가지며, 일반 광도파로와 단일모드 광섬유를 연결 할 때 발생하는 $\sim 0.5 \mu\text{m}$ 의 정렬 오차 한계 허용 범위를 개선하여 $\sim 4.5 \mu\text{m}$ 의 정렬 허용 오차를 가지는 수동정렬이 가능한 도파로 소자이다. 이러한 대형코어 광도파로를 제작함에 있어서 단일모드 조건을 만족시키기 위하여 코어와 클래딩 간의 굴절률 차이를 매우 작게 하여야 한다. 코어와 클래딩 간의 굴절률 차이가 매우 작기 때문에 폴리머 재료의 열 광학 효과를 이용한 가변 광감쇠기 (variable optical attenuator : VOA) 소자의 특성을 개선할 수 있다.

제안된 VOA 의 열 광학 효과를 계산하기 위하여 iteration method 를 이용한 열 분포 특성 계산 프로그램과 FEM (finite element method) 을 이용한 도파 모드 계산 프로그램 및 BPM (beam propagation method) 을 이용한 도파 모드 변화 계산 프로그램을 제작하였다. 그림 1 은 제작된 프로그램을 이용한 계산 결과이다. 그림에서 보이는 바와 같이 코어와 클래딩 간의 굴절률 차이가 작을수록 적은 온도변화에서 감쇠가 많이 일어나며, 일반적인 소자와 제안된 소자를 비교하여 보았을 때 3 배 이상의 효율을 보여준다.

SU-8 PR (Microchem) 을 이용하여 $20 \mu\text{m}$ 박막을 스핀 코팅하고 lithography 공정을 이용하여 광도파로 코어 패턴을 제작하였다. 제작된 패턴에 Sylguard 184 (silicon rubber mold : Dow Corning) 를 이용하여 55°C , 3 시간 조건으로 열 경화 공정을 이용하여 PDMS (polydimethylsiloxane) mold 를 제작한다. WIR-30 (Zenphotonics) 폴리머 재료를 이용하여 하부 클래딩을 코팅하고 폴리머 경화 공정에서 산소에 대한 영향력을 줄이기 위해 질소 환경을 유지하며 UV 경화 하였다. 제작된 PDMS mold 를 하부 클래딩에 덮고 진공 흡입 장치를 이용하여 코어를 삽입하고 질소 환경을 유지하며 UV 경화 하였다. 상부 클래딩은 하부 클래딩과 같은 폴리머 재료를 이용하여 스핀 코팅 후 같은 방법으로 경화 하였다. 코어와 클래딩의 굴절률 차이는 -0.0025 이며 굴절률 측정은 프리즘 결합 방식을 이용하였다. 코어의 굴절률이 클래딩의 굴절률에 비해 더욱 작은 물질을 이용하는 것은 PDMS mold 공정을 거친 폴리머 재료의 UV 경화 과정에서 실제 물질의 굴절률이 변화하여 약 0.003 정도의 굴절률 상승 작용이 있기 때

문이다. 결과적으로 실제 제작된 소자의 굴절률 차이는 0.0005 정도 이다. 제작된 대형 코어 광도파로 위에 전극 히터 구조를 올리기 위하여 크롬과 골드를 각각 100 Å, 1000 Å 두께로 진공 증착하였다. 습식 식각 공정을 이용하여 전극 구조를 만들기 위해 AZ 5214 PR (clariant) 로 lithography 공정을 이용하여 전극 패턴을 제작하였다. 크롬과 골드 식각용 용액을 사용하여 습식 식각 공정으로 전극을 형성하였다. 형성된 전극의 패드 부위를 덮고 있는 PR 을 아세톤으로 제거하고 외부 전원과 연결하였다. 광감쇠 특성을 관찰하기 위하여 DFB (Distributed Feed-Back) 레이저 광원을 이용하여 TEC 광섬유를 통해 소자에 빛을 입력하였다. 소자의 출력부에 TEC 광섬유를 연결하여 PD (Photo Detector) 를 이용하여 광감쇠 특성을 관찰하였다. 그림 2 는 20 x 20 μm^2 의 코어 크기를 가지는 광도파로 위에 너비 16 μm 길이 1 mm 의 크기를 가지는 골드 전극을 정렬한 소자에 전압을 인가하며 관찰한 광감쇠 특성 곡선이다. 그림 2 에서 2.5 V 를 기점으로 감쇠 특성이 상승하는 것은 제작된 도파로가 단일 모드 조건을 완벽히 만족시키지 못하여 1st order 모드가 나타난 것이다. 감쇠 특성의 증가가 미약하게 있지만 3.5 V 이상의 전압을 인가하게 되면 완전히 20 dB 이상의 감쇠를 나타내는 것을 볼 수 있다.

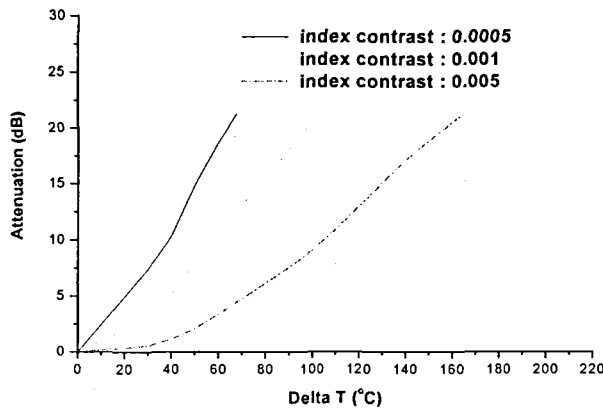


그림 1. 서로 다른 굴절률 차이를 가진 구조의 열 광학 효과 비교

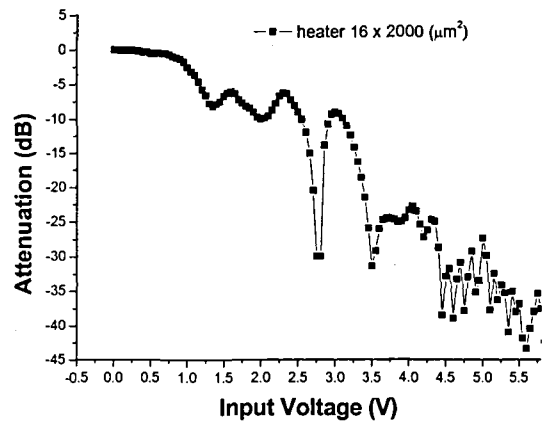


그림 2. 인가전압에 따른 광감쇠 특성 그래프

참고문헌

[1] Min-Cheol Oh, Wol-Yon Hwang, Young-Ouk Noh, Hyung-Jong Lee, and Seon-Gyu Han, "Reliable low-cost polymeric optical waveguide device," OECC/COIN2004, Yokkohama Japan, 14F2-3, pp. 558-559, July 2004.

[2] Soo-Hong Cho, Baek-Yoo Jin, Min-Cheol Oh, "Large core polymeric single mode waveguide connecting to TEC fiber," COOC2004, Dae-Jeon Korea, Vol. 11, No. 1, pp. 513-514, May 2004.

[3] Byung-Tag Lee, Min-Suk Kwon, Jun-Bo Yoon, and Sang-Yung Shin, "Fabrication of polymeric large-core waveguides for optical interconnects using a rubber molding process," IEEE Photon. Technol. Lett., Vol. 12, No. 1, pp. 62-64, Jan. 2000.

