

# 다중모드간섭 현상을 이용한 1×4 광파워분할기의 제작

## Fabrication of 1×4 Optical Power Divider Based on Multi-Mode Interference Effect

김기홍, 송현채, 오태원, 신상영, 이운영\*

한국과학기술원 전기 및 전자공학과, \*한국통신 통신망연구소 초고속통신연구팀 초고속망서비스연구실  
kihong@eeinfo.kaist.ac.kr

광통신 파장분할다중(Wavelength Division Multiplexing) 시스템에서는 광대역폭(optical bandwidth)이 넓고, 손실이 작은 소자들이 요구된다. 또한 저가의 광집적회로를 제작하기 위해 소자 크기가 작고 제작 허용 오차가 큰 소자들이 필요하다. 이러한 관점에서 다중모드간섭(Multi-Mode Interference) 현상을 이용한 소자들이 주목을 받기 시작했다<sup>(1)</sup>. 다중모드간섭 현상을 이용한 집적 광학 소자들을 제작하는 재료로는 지금까지 대부분 III-V족 화합물 반도체나 LiNbO<sub>3</sub> 등이 쓰여졌다<sup>(2)(3)</sup>. 최근에는 새로운 광학 재료로서 폴리머를 사용하여 여러가지 집적광학 소자를 제작하려는 노력이 있다<sup>(4)</sup>. 폴리머를 사용하여 집적광학 소자를 제작할 경우 제작 공정이 쉽고 저가로 제작이 가능하여 대량 생산이 가능하고, 기판의 사용에 제한이 없어서 실리콘(silicon)이나 GaAs 기판을 사용하여 여러 전기회로와 광도파로와의 집적이 가능하며, 광원과 광도파로와의 집적도 가능하다.

본 논문은 다중모드간섭 현상을 이용한 1×4 광파워분할기의 제작에 관한 것이다. 다중모드간섭 현상은 자기형상반복 현상(self-imaging effect)에 기초를 두고 있다. 자기형상반복 현상이란 다중모드 도파로로 유입된 입력필드의 모양이 도파로 방향을 따라 주기적으로 반복되어 나타나는 현상이다. 소자를 해석, 설계하기 위하여 유효 굴절률 방법(effective-index method)을 이용한 2차원 유한차분 빔전파방법(two dimensional finite difference beam propagation method)을 사용하였다. 다중모드간섭 현상을 이용한 광분할기의 구조는 그림 1과 같다. 사용된 립(rib) 구조의 광도파로는 클래딩 4 μm, 코어 2 μm, 식각 깊이 0.5 μm 이다. 입력, 출력단에서 사용된 단일모드 광도파로 폭은 6 μm 이고, 다중모드 광도파로 폭은 120 μm 이며, 출력측에서 단일모드 광도파로 사이는 30 μm 씩 간격을 두었다.

출력측에서의 광분할비가 균일하도록 1×4 광분할기를 설계하기 위하여 다중모드 도파로의 길이를 변화시키면서 수치모사를 하였다. 다중모드 도파로의 길이를 적당히 조절하면 손실을 최대한 줄이면서 출력광의 분할을 균등하게 할 수 있었다. 다중모드간섭 현상을 이용한 광분할기의 파장의존성을 살펴보기 위해 입력광의 파장을 변화시키면서 광출력비의 변화를 수치모사를 통해 살펴보았다. 그림 2에 이 결과를 나타내었다. 1550 nm 파장 대역을 중심으로 ±70 nm 내에서 광출력비의 변화가 0.6 dB 보다 작음을 확인하였다. 현재 파장다중분할 시스템에서 사용하는 어븀이 첨가된 광섬유 증폭기(Erbium Doped Fiber Amplifier, EDFA)의 광대역폭이 대략 30 nm 인 것을 고려할 때 이 광파워분할기가 파장분할방식에 응용 가능함을 알 수 있다.

폴리머 재료를 사용하여 소자를 제작하였다. 코어 물질로 BCB 모노머(benzocyclobutene monomer)를 중합한 열경화성 폴리머인 Cyclotene-3022를 사용하였고, 클래딩 물질로 자외선 경화 에폭시의 일종인 UV-15를 사용하였다. O<sub>2</sub>와 CF<sub>4</sub>를 사용한 반응이온식각(Reactive Ion Etching) 공정을 이용하여 립(rib) 모양의 채널 광도파로를 형성하였다. 제작된 소자의 단면구조는 그림 3과 같다. 제작된 1×4 광파워분할기는 1.55 μm 파장대의 파워미터를 사용하여 TE, TM 각 편광 상태에 대하여 그 출력분포를 측정하였다. 그림 4는 TE 모드에 대한 출력 모드 사진과 그 수평방향 모드분포를 나타낸 것이다. TE모드의 경우 각 출구에서의 광출력비는 0.93 : 1.00 : 0.93 : 0.90 을 나타내어 가장 나쁜 출구간의 광출력비가 0.46 dB 로 나타났다. TM모드에 대해서는 0.84 : 0.94 : 1.00 : 0.83 으로 가장 나쁜 출구간의 광출력비

가 0.81 dB 였다. 각 편광에 대한 이러한 출력비의 차이는 각 편광에 따라 출력광의 비를 균일하게 해 주는 다중모드 광도파로의 길이가 약간 달라져야 하기 때문에 나타난 것이다

본 연구는 STEPI의 지원에 의한 것입니다. 본 연구의 폴리머 재료 사용에 도움을 주신 LG 종합기술원에 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Lucas B. Soldano and Erik C. M. Pennings, "Optical multi-mode interference devices based in self-imaging: principles and applications", IEEE J. Lightwave Technol., vol. 13, no. 4, pp. 615-627, 1995.
2. J. M. Heaton, R. M. Jenkins, D. R. Wight, J. T. Parker, J. C. H. Birbeck, and K. P. Hilton, "Novel 1-to-N way integrated optical beam splitters using symmetric mode mixing in GaAs/AlGaAs multimode waveguides", Appl. Phys. Lett. Vol. 61, no.15, pp. 1754-1756, 1992.
3. 김정욱, 정영철, "깊이 식각된 다중모드 간섭 영역으로 구성된 광전력 분배기 및 결합기의 설계", 대한전자공학회논문지, 제34권, D편, 제4호, pp. 62-72, 1997.
4. Sang-Shin Lee and Sang-Yung Shin, "Polarization-insensitive digital optical switch using an electro-optic polymer rib waveguide", Electron. Lett., Vol. 33, No. 4, pp. 314-315, 1997.

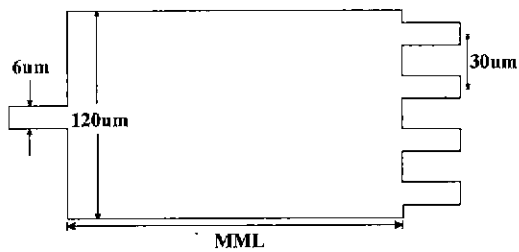


그림1. 다중모드간섭 현상을 이용한 광분할기의 구조

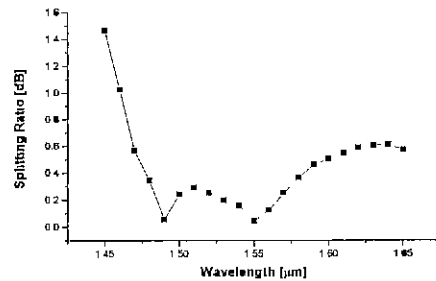


그림2. 입력광의 파장을 변화에 따른 광출력비의 변화

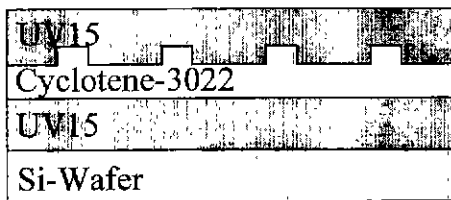
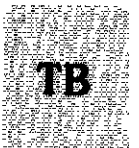


그림 3. 폴리머를 이용한 광분할기의 단면구조

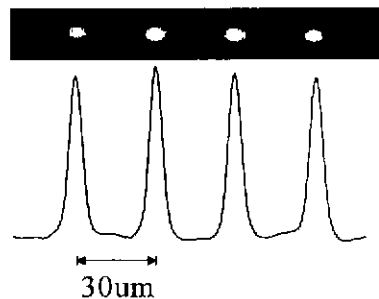


그림 4. 제작된 1×4 광분할기의 출력 모드 사진과 그 수평방향 모드분포