

실시간 광전송망 구현을 위한  
수직형 비대칭 폴리머 광 결합기의 최적화 및 응용  
For Implementation of Real Time Optical Network  
Optimization and Application of Vertical Asymmetric  
Polymer-Optical Coupler

이소영, 권재영, 이종훈, 김영조, 신미경, 김상호, 송재원  
경북대학교 전자전기공학부

leesy@palgong.kyungpook.ac.kr

집적광학 회로의 구성요소 중 광 결합기는 파장에 따른 채널간 결합기로서 WDM은 물론 광 스위칭 소자로서 매우 중요한 위치에 있다. 더욱이 수직형의 구조를 갖는 광결합기가 새로이 제안되면서 결합 길이를 줄여 전체 소자길이를 감소시킴으로써 고집적화는 물론, 도파로를 진행하는 동안 겪게되는 도파 손실을 최소화하려는 움직임 또한 활발하다. 그러나 이들 수직형 광결합기는 결합효율을 높이기 위하여 대부분 상 하부 도파로의 구조가 동일한 대칭형으로 제작됨에 따라, 이들은 매우 까다롭고 복잡한 공정을 갖게된다. 또한 이러한 공정의 복잡성과 두 도파로의 대칭성을 위한 반복작업은 오히려 제작공정의 불완전함으로 인하여 이론상의 이상적 결합에 비하여 효율이나 성능 면에서 상당한 저하를 가져오게 된다. 최근 연구되고있는 대부분의 폴리머를 이용한 광 결합기 역시 대칭형 구조를 가지며  $O_2$  RIE(Reactive ion etching) 건식 식각법으로 제작된다.<sup>[1]</sup> 그러나 이는 두 도파로의 대칭성을 위한 반복적인 공정과 정확한 식각 조건 등이 요구되는 번거로운 제작과정을 포함하고 있다. 따라서 본 논문은 두 도파로 중 평면 도파로를 상부도파로로 가지며, 중간 결합층의 두께를 단지 스핀 코팅만으로 조절할 수 있는 폴리머를 이용한 비대칭 수직형 광 결합기를 제안하고, 구조에 대한 특성을 분석하였다. 본 연구는 광통신용 파장대인  $1.33\mu\text{m}$ 에서 광 결합기를 설계하여 최적화함으로써 실제 소자로의 응용에 초점을 맞추어 진행하였다. 본 연구에서 제안한 비대칭성은 구조상에서의 비대칭성의 의미로 제작공정을 매우 단순화시키기 위한 새로운 기법이며, 인위적인 비대칭 구조에 대한 결합길이를 산출함으로써 구조적인 비대칭성을 이용하여 결합길이를 최소화 할 수 있음을 보였다. 이는 실제 폴리머가 갖는 다층코팅에 의한 표면 거칠기가 도파 손실의 대부분을 차지하는 문제를 수직형으로 구현된 광결합기를 이용하여 해결함으로써 대량 생산을 위한 저 손실, 고 집적화는 물론 공정상의 단순화에 의한 신뢰성 확보라는 측면에서도 잇점을 가질 것으로 기대된다. 따라서 최적화된 광결합기를 이용한 스위칭소자로의 응용은 현재의 광 전송망 내에서의 직접적 활용이 가능할 것으로 기대된다.

본 연구에서 제안된 구조는 그림1과 같다. 광원  $1.33\mu\text{m}$ , TE모드를 입력파장으로 하여 중간 버퍼층 두께  $t=0.4\mu\text{m}$ 이고,  $n_u=1.521$ ,  $n_l=1.51$ 이고  $n_c=1.49$ 일 때 결합길이  $277.612\mu\text{m}$ , 결합 및 재결합 효율 94%인 수직형 비대칭 광 결합기를 얻음으로써 특성분석에 의한 최적화를 이루었다. 여기서 우리는 광통신영역의 사용파장 중 전송손실이 적은 장파장 대역에서 더 효과적인 결합이 일어남을 알 수 있었다. 그림 2는

중간 결합층의 두께에 따른 결합효율의 변화를 보인 것으로  $1.33\mu\text{m}$  파장에서 훨씬 더 효과적인 결합이 일어남을 알 수 있었다. 폴리머계열의 일종인 PMMA( $n=1.49$ )를 중간 버퍼층으로 사용하여 코팅된 두께에 따른 결합효율을 나타낸 것이며, 광원으로는  $1.33\mu\text{m}$ , TE모드로 SEMI VECTORIAL FDM BPM으로 해석된 결과로부터 추출한 것이다. 또한 그림 3은 최적화된 결합길이 내에서 두 도파로간의 광결합에 의한 에너지교환이 완전히 일어남을 보인 것이며, 그림 4는 외부섭동에 의한 상부 도파로의 유효굴절률의 변화로 상 하부 채널간의 광에너지 교환이 일어남을 보인 것이다. 실제 열광학을 이용한 수직형 비대칭 광변조기는<sup>[2],[3]</sup> 소멸비 17dB, 인가전력 4.5mW, 대역폭 600Hz로  $0.6328\mu\text{m}$  광원을 사용하여 그 가능성을 확인하였으며, 본 연구에서와 같이  $1.33\mu\text{m}$  광원에서의 적합성을 검증함으로써 광 전송망내의 실제 이용가능성을 부여하였다. 이는 향후 열 광학뿐 아니라, 전기광학이나 음향 광학성질을 갖는 폴리머 물질을 사용함으로써 응용의 폭을 훨씬 넓일 수 있을 것으로 예상된다.

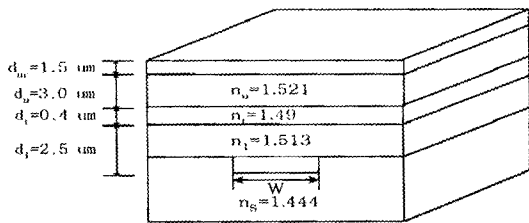


그림 1. 제안된 수직형 비대칭 광결합기

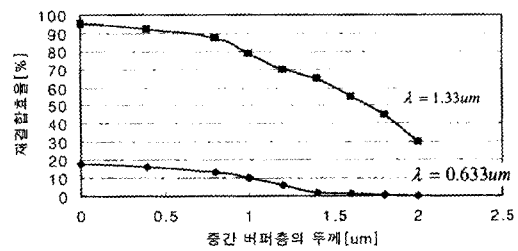


그림 2. 중간 버퍼층 두께에 따른 결합 효율

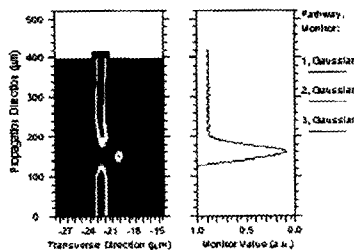


그림 3. 부분적 상부 도파로와의 결합효율 분포도

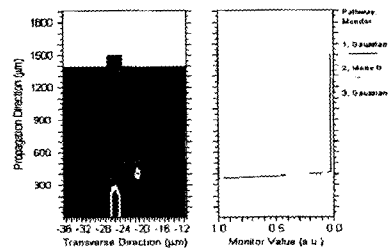


그림 4. 변화된 결합길이를 갖는 상부 도파로와의 광결합 분포도

[참고문헌]

1. Toshio W., et. al., Appl. Phys. Vol. 83, No. 2, 15 pp.639-649 ,1998
2. S.Y. Lee, J.Y. Kwon, K.T. Kim, and J.W. Song, Opto Northwest SPIE's Reginal Meeting on Optoelectronics, Photonics, and Imaging, Conference RM04 Paper 07.pp.46
3. 권재영, 이소영, 김광택, 송재원, "수직형 비대칭 구조를 갖는 열광학 방향성 결합기형 변조기," IV4/ Photonics Conference'99 pp 341-342