

방향성 결합기의 최적 입사각 특성

Characteristics of the Optimized Input Angle in Taper Region of the Directional Coupler

최철현, 오범환, 이송걸, 박세근, 이일항
Micro Photonics Advanced Research Center
인하대학교 정보통신공학부
obh@inha.ac.kr

광결합 현상은 근접한 도파로에서 발생하며 각 도파로의 에너지를 다른 도파로로 전이시킨다. 이러한 특성은 광스위치, 광변조기, 광필터 및 광결합/분리기에 널리 사용된다. 이중에서 많이 사용되는 소자중 하나가 방향성 결합기이며 크게 입력부, 접근부, 결합부로 나눌 수 있다. 이때 광결합 현상은 결합부뿐만 아니라 접근부에서도 발생하기 때문에 소멸비는 나빠지게 된다.^(1, 2)

본 논문에서는 접근부의 입사각에 따른 소멸비 변화와 이에 대한 조건을 분석하였다. 일반적으로 입력부는 결합부에 비하여 도파길이 길고 직선이 아닌 곡선형 도파로이다. 여기서는 1000 μm 영역에 대해 결합부와 만나는 접근부의 도파로 구조를 직선형으로 근사하였다. 이에 대한 구조 및 굴절률을 그림 1에 나타내었으며 사용된 중심파장은 1.55 μm 이다. 각각의 고정된 중심간격(s)에서 도파폭(w) 변화에 따른 결합길이를 분석하여 결합부의 도파폭과 도파로 간격을 결정하였다.⁽³⁾ 이에 대한 특성 변화를 그림 2에 나타내었다. 7 μm 보다 큰 중심간격에서 약간의 도파폭 변화에도 안정된 결합길이 특성을 보이는 최대 최소 결합길이 도파폭 조건이 보인다. 중심간격을 7 μm 로 고정시키고 각각의 도파폭 조건에서 입사각에 따른 소멸비 특성을 그림 3에 나타내었다. 이때 A는 최소 결합길이보다 작은 도파폭(1 μm), B는 최소 결합길이 도파폭, C는 최소 결합길이 도파폭과 최대 결합길이 도파폭 사이(2.5 μm), D는 최대 결합길이 도파폭, E는 최대 결합길이 도파폭보다 큰 도파폭(5.2 μm)이다. A 조건을 제외한 다른 도파로 조건에서 주어진 각도에 대해 소멸비가 가장 좋은 최적각도가 존재한다. 또한 본구조에서 이러한 최적각도는 0.0 ~ 0.2° 범위에서 존재하며 중심간격이 7 μm 보다 커지게 되면 존재하지 않는다. 이와 같은 최적각도에서는 보다 자연스러운 광결합을 유발하여 소멸비를 향상시킨다. 최적각도가 형성되는 조건에 대해 알아보기 위해 잘 알려진 규격화 전파상수(b)를 중심간격에 대해 분석하였다. 이때 방향성 결합기의 기본모드는 우함수와 기함수 각각 두 개이므로 두 개의 곡선이 구해진다. 이로부터 중심간격에 따른 두 값의 차이를 그림 4에 나타내었으며 각각의 b 변화를 삽입그림으로 나타내었다. 이때 도파폭 변화는 1~5 μm 이며 1 μm 씩 증가시켰다. 중심간격이 증가할수록 두 모드의 유효굴절률이 비슷해지므로 b값 차이는 감소하게 된다. 중심간격이 7 μm 일 때를 기준으로, 이보다 작은 중심간격에서 최적각도가 존재하고 그 중 A 조건을 제외한 조건에서 최적각도가 존재한다. 그림 4에 이를 적용하여 최적각도가 존재하는 조건을 찾으면 우함수와 기함수의 b값 차이가 약 0.15 정도는 되어야 함을 알 수 있다.

이로써 최적 입사각이 존재하기 위해서는 우함수와 기함수 모드의 유효굴절률 차이가 커야함을 알 수 있다. 이 차이는 방향성 결합기기의 결합길이를 짧게 하므로 결합길이가 작은 방향성 결합기에서 최적 입사각이 나타남을 알 수 있다. 이러한 조건은 광결합 현상을 이용하는 여러 소자에 널리 응용될 수 있을 것이다.

[참고 문헌]

1. Judith C. Powellson, Wei Feng, Sihan Lin, Robert J. Feuerstein, and Darja Tomic, "Crosstalk of Passive Directional Couplers", *J. Lightwave Technol.*, vol. 16, no. 11, pp 2020-2027, 1998
2. Maura Raburn, Bin Liu, Patrick Abraham, and John E. Bowers, "Double-Bonded InP-InGaAsP Vertical Coupler 1 : 8 Beam Splitter", *Photon. Technol. Lett.*, vol. 12, no. 12, pp1639 - 1641, DECEMBER 2000
3. Chul Hyun Choi, Soon Ryong Park, Beom-hoan O, Seung Gol Lee and El-hang Lee, "Optimized Waveguide Width Design of a Directional Coupler for Improved Extinction Ratios and Fabrication Tolerance", *JKPS*, Vol. 40, No. 3, pp 456-460, 2002

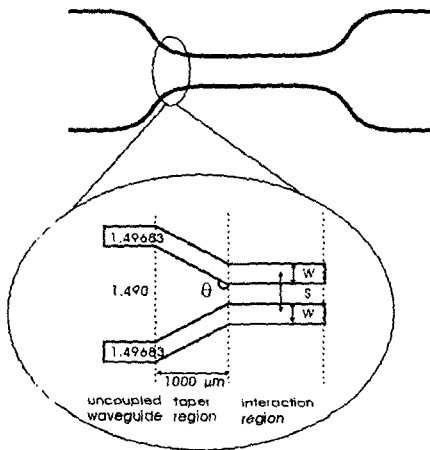


그림 1 방향성 결합기의 구조도. 접단부와 결합부가 만나는 영역을 직선형 도파로 근사함.

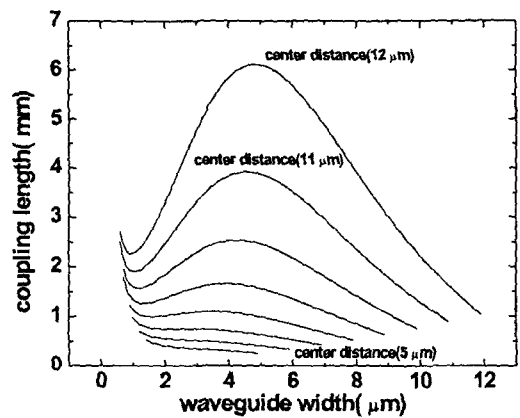


그림 2 각각의 중심간격에서 도파폭에 따른 결합길이 변화

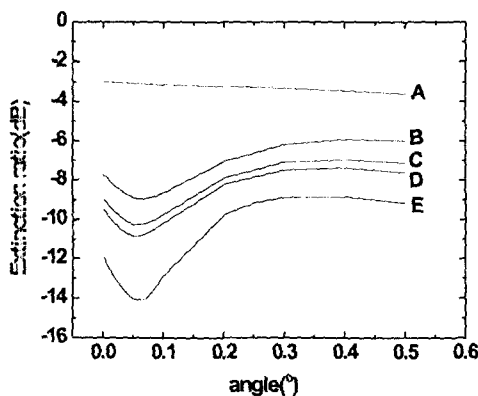


그림 3 중심간격이 7 μm인 경우, 입사각에 따른 소멸비 변화 A(w=1.0 μm), B(w=2.1 μm), C(w=2.5 μm), D(w=2.7 μm), E(w=5.2 μm)

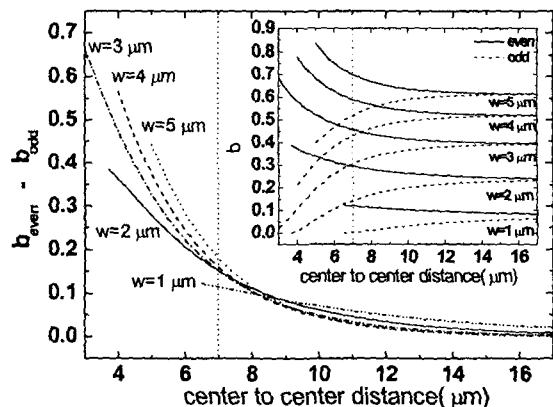


그림 4 각각의 도파폭에서 중심간격에 따른 우함수와 기함수의 전파상수 차이 변화. 삽입 그림은 중심간격에 따른 우함수와 기함수의 전파상수 변화