

편광에 무관하고 매우 높은 소멸비를 가지는 수직 방향성 결합기에 관한 연구

A Study on the polarization independent vertical directional couplers with high Extinction Ratios

정병민, 김상택, 김부균
 숭실대학교 정보통신전자공학부
 dongcare@sunbee.soongsil.ac.kr

고속의 광 통신망을 구축하기 위해서는 대용량의 광 스위치가 요구된다. 이러한 대용량의 광 스위칭 시스템을 구성하는 단위 스위치는 작은 크기, 작은 손실, 높은 소멸비 등과 같은 특징을 가지고 있어야 하며 또한 편광에 따른 성능의 변화가 작아야 한다.

최근 융합 수직 방향성 결합기(Fused Vertical Coupler, FVC)의 연구를 통하여 매우 짧은 소자 길이를 가지며 매우 높은 소멸비를 얻을 수 있는 수직 방향성 결합기 스위치가 제안되었다⁽¹⁾. 그러나 FVC 구조와 같은 수직 방향성 결합기는 코어 영역이 slab 형태를 가지고 있기 때문에 성능이 편광에 따라 달라지는 문제점을 가지고 있다. 최근에 deep-ridge 도파관 구조를 사용하여 소자의 편광에 따른 성능 변화를 최소화하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다⁽²⁾. 또한 Fusion을 이용한 소자 제작시 발생하는 제작과정의 어려움을 해결할 수 있는 double-sided wafer 프로세스를 사용한 소자에 관한 연구가 발표되었다⁽³⁾.

우리는 최근에 편광에 따른 성능 변화가 작은 deep-ridge 도파관 구조와 비교적 쉬운 제작과정을 가지는 double-sided wafer 프로세스를 융합하여 Double Sided Deep Ridge(DSDR) 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기를 제안하고 수직 방향성 결합기의 파라미터가 편광에 따른 특성에 미치는 영향에 대한 연구결과를 보고하였다⁽⁴⁾. 그 결과 편광에 관계없이 같은 결합길이를 가지는 파라미터의 범위를 얻을 수 있었다. 그러나 대칭적인 구조 때문에 30 dB 이상의 소멸비를 얻을 수 없었다. 본 논문에서는 도파관 코어의 굴절율에 약간의 비 대칭성을 줌으로써 30 dB 이상의 매우 높은 소멸비를 얻을 수 있음을 보인다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기의 단면도이다. 이 구조는 참고문헌 [1]에서 제안된 FVC 구조에 비하여 제작과정이 쉽다는 장점을 가지고 있다. 또한 도파관 폭과 코어 두께를 조절하여 편광에 대한 특성변화를 최소화시킬 수 있다는 장점도 지니고 있다⁽⁴⁾. 참고문헌 [4]에서 편광에 관계없이 결합길이가 같은 도파관 폭과 코어 두께가 존재함을 볼 수 있었다. 또한 결합길이는 도파관 폭의 변화보다는 코어 두께의 변화에 큰 영향을 받음을 알 수 있었다. 이와 같은 특성은 소자 제작시 도파관 폭에 대하여 큰 제작공차를 가질 수 있으므로 중요한 특성이라 생각된다.

그림 2는 코어 두께가 0.8 μm 일 때 각각의 도파관 폭이 1.2 μm , 1.3 μm 와 1.4 μm 에 대해서 결합기의 길이에 따른 TE 모드와 TM 모드의 소멸비를 보인다. 도파관 폭이 1.3 μm 일 때에는 매우 넓은 범위의 결합기의 길이에 걸쳐 편광에 관계없이 결합길이 뿐만 아니라 소멸비가 같음을 알 수 있었다⁽⁴⁾. 그리고 도파관 폭이 1.2 μm , 1.3 μm 와 1.4 μm 각각에 대하여 결합기의 길이를 약 164.0 μm 에서 172.5 μm 로 제작하면 TE 모드와 TM 모드 모두 20 dB 이상의 높은 소멸비를 가짐을 알 수 있다. 즉 코어 두께가 0.8 μm 일 때 20 dB 이상의 소멸비를 가지는 도파관 폭에 대한 제작공차는 1.2 μm ~1.4 μm 이고 결합기 길이에 대한 제작공차는 164.0 μm ~172.5 μm 임을 알 수 있었다. 그러나 이 소자는 대칭적인 구조를 가지고 있기 때문에 30 dB 이상의 높은 소멸비를 얻을 수 없었다. 따라서 본 논문에서는 도파관 코어의 굴절율에 약간의 비대칭성을 줌으로써 두 모드 모두 30 dB 이상의 매우 높은 소멸비를 얻고자 하였다.

그림 3은 그림 1과 같은 DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기에서 코어 두께가 0.8 μm , 도파관 폭이 1.3 μm , 두 코어의 중심사이의 거리가 1.5 μm 이고 코어 B의 굴절율이 3.37일 때 코어 A의 굴절율 변화에 따른 TE 모드와 TM 모드의 소멸비를 계산한 결과이다. 단일 영역으로 구성된 수직 방

향성 결합기의 경우 supermode 관점에서 두 도파로가 약간의 비대칭을 갖게 되면 우 모드 (even mode) 와 기 모드 (odd mode)의 간섭에 의하여 소멸비가 커짐을 알 수 있다⁽¹⁾. 그림 3의 경우 빛이 입사되는 입력 도파로의 코어의 굴절율이 다른 쪽 도파로 코어의 굴절율 보다 약 0.0003 정도 작게 되면 편광에 관계없이 결합길어도 같고 30 dB 이상의 매우 높은 소멸비를 얻을 수 있었다. 또한 두 모드에 대하여 30 dB 이상의 소멸비를 가지는 코어 A의 굴절율의 공차는 약 0.0003정도 가짐을 알 수 있었다.

그림 4는 코어 두께가 0.8 μm , 도파관 폭이 1.3 μm , 두 코어의 중심사이의 거리가 1.5 μm 이고 코어 B의 굴절율이 3.37일 때 코어 A의 굴절율 변화에 따른 TE 모드와 TM 모드의 결합길이를 계산한 결과이다. 굴절율 변화에 관계없이 소멸비 뿐만 아니라 TE 모드와 TM 모드의 결합길어도 잘 일치함을 볼 수 있었다.

편광에 무관한 특성을 가지는 방향성 결합기를 구현하기 위하여 DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기를 제안하였고 그 특성을 해석하였다. 도파관 코어의 굴절율의 비 대칭성을 이용하면 편광에 관계없이 결합길어도 같고 30 dB 이상의 매우 높은 소멸비도 얻을 수 있음을 보였다.

본 연구는 두뇌한국 21 사업에 의하여 수행되었습니다.

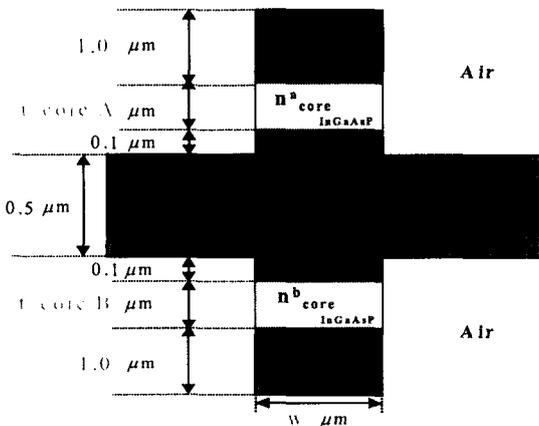


그림 1. DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기의 개념도.

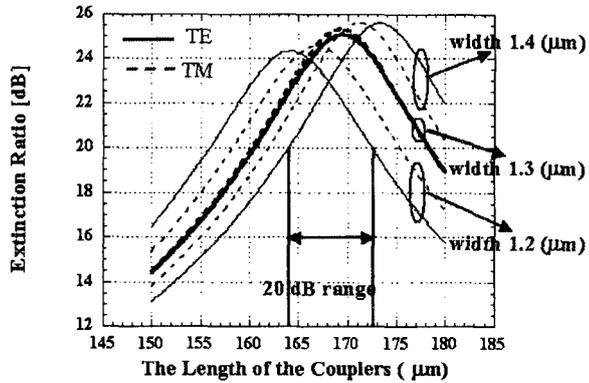


그림 2. 여러 도파관 폭에 대하여 두 코어의 굴절율이 3.37일 때 결합기의 길이에 따른 TE 모드와 TM 모드의 소멸비.

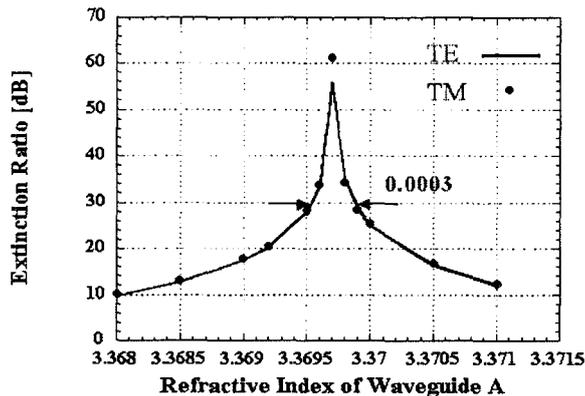


그림 3. 코어 B의 굴절율이 3.37일 때 코어 A의 굴절율 변화에 따른 TE 모드와 TM 모드의 소멸비.

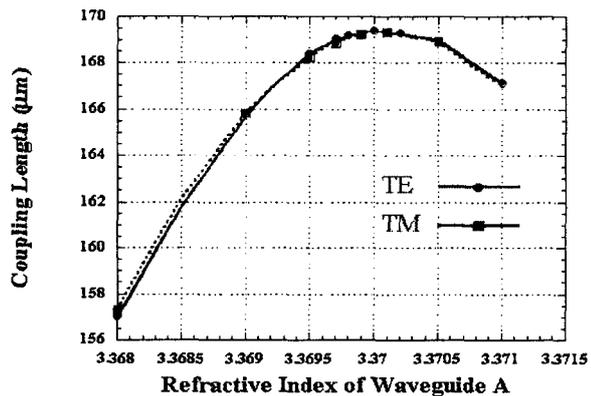


그림 4. 코어 B의 굴절율이 3.37일 때 코어 A의 굴절율 변화에 따른 TE 모드와 TM 모드의 결합길이.

1. 조성찬외, 대한전자공학회논문지SD편 제38권, 9호, p. 39-47, (2001).
2. H. Bissessur et. al., *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 8, no. 4, p. 554-556, April (1996).
3. B. Liu et. al., *Electron. Lett.*, vol. 35, no. 18, p. 1552-1554, (1999).
4. 정병민외, COOC 2002, vol. 9, no. 1, p. 145-146, May (2002).