

다중모드간섭을 이용한 1x4 광 분배기의 도파폭에 따른 균일도 특성

The characteristics of Uniformity according to the width of the 1x4 Power Splitter based on Multi-mode Interference

홍정무 · 박순룡 · 이승걸 · 이일항 · 오범환
인하대학교 전자재료공학과
obh@inha.ac.kr

다중모드간섭을 이용한 소자는 집적광학에서 광신호의 분리와 결합에 있어서 널리 사용되고 있다. 이러한 소자는 편광상태와 파장에 덜 민감하며, 광 대역폭과 제작 허용오차가 크다는 장점을 가진다.⁽¹⁾ 이러한 다중모드간섭기의 설계에 있어서 간섭기의 폭은 주로 출력단에서의 도파로 폭과 도파로간 간격으로부터 정해져왔다. 본 연구에서는 특별히 광신호의 효율적인 분배를 위해 간섭기의 폭과 관련하여 광 분배기의 손실 및 균일도를 최적화하기 위한 방안을 강구하였으며, 근사적인 이론식⁽²⁾에 의한 결과와 비교하였다. 광 도파로의 구조는 그림 1과 같으며, 입·출력단에서의 단일 모드 도파로의 폭과 높이는 각각 $5\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$ 로 정하였다. 해석방법으로는 유효굴절률법(Effective Index Method)으로 먼저 그림 2와 같이 2차원 도파구조로 변형하고, MPA(modal propagation analysis)를 적용하였다.⁽³⁾ 그림 2와 같은 구조에서는 self-imaging 원리에 의하여 결상거리가 근사적으로 다음과 같은 식으로 얻어진다.

$$L_{MMI} = \frac{3L_x}{4N}$$

여기서 L_x 는 맥동길이를 나타내고, N 은 출력단의 수를 의미한다. 또한 출력도파로의 중심위치(s_{in} , s_{out})도 근사적인 이론식으로부터 ($\pm w/8$, $\pm 3w/8$)로 정해지며, 여기서 w 은 다중모드영역의 실제 폭을 나타낸다. 한편 손실 및 균일도는 출력단에서의 결합계수들로부터 결정되는데, 이때의 결합계수는 각각의 출력도파로 하나에 대해 중심위치(s)와 간섭기의 길이(L_{MMI})에 따라 곱치기 적분을 하여 구하였다. 그림 2와 같은 구조에서는 우함수 모드만 존재하여 z 축을 중심으로 항상 대칭인 상이 형성되므로 z

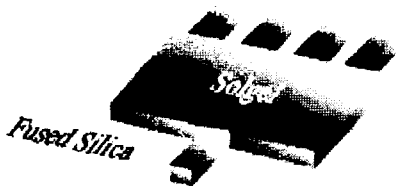


그림 1 광 도파로의 3차원 구조

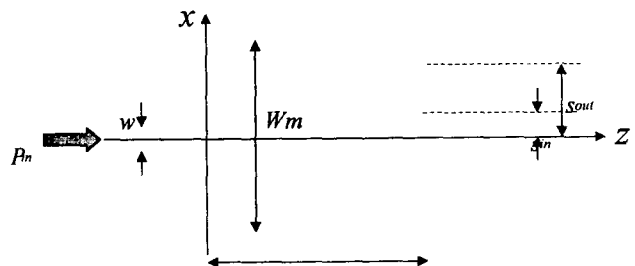


그림 2 위에서 본 도파구조의 축과 변수설정

축 상단의 두 도파로만을 고려하여 손실 및 균일도 특성을 살펴보았다. 한 예로서, 그림 3에는 10th mode에 대한 cut-off 영역 부근의 간섭기폭에 대하여 결합계수 분포를 나타내었다. 그림 3.(a)에서 안쪽과 바깥쪽 도파로가 서로 다른 길이에서 최적화되는 것을 알 수 있다. 그러나 간섭기 폭을 $0.1\mu\text{m}$ 만 증가시켜도 (b)에서와 같이 최대결합 길이의 차이가 현저히 줄어들음을 확인할 수 있다. 즉 균일도의 향상과 더불어 손실도 줄일 수 있음을 알 수 있다. 이러한 간섭기 폭에 따른 최대결합 길이 및 접합위치의 변화를 그림 4, 5에 나타내었다. 그림 4, 5의 경우, 우함수 모드에 대한 cut-off 영역에서 급격한 변화를 보이고 있음을 알 수 있는데, 이러한 변화 양상은 고차모드로 인한 결상거리의 증가와 모드의 횡면 분포형상으로서 설명할 수 있다. 한편 그림 3, 5에 점선으로 이론적 근사에 의한 결상거리와 접합위치를 표시하였다. 두 도파로의 최대결합 길이 차이가 0으로 수렴하는 간섭기폭에 대하여 출력단 도파로들의 최대결합 위치를 적용함으로써 손실을 줄임과 동시에 균일도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

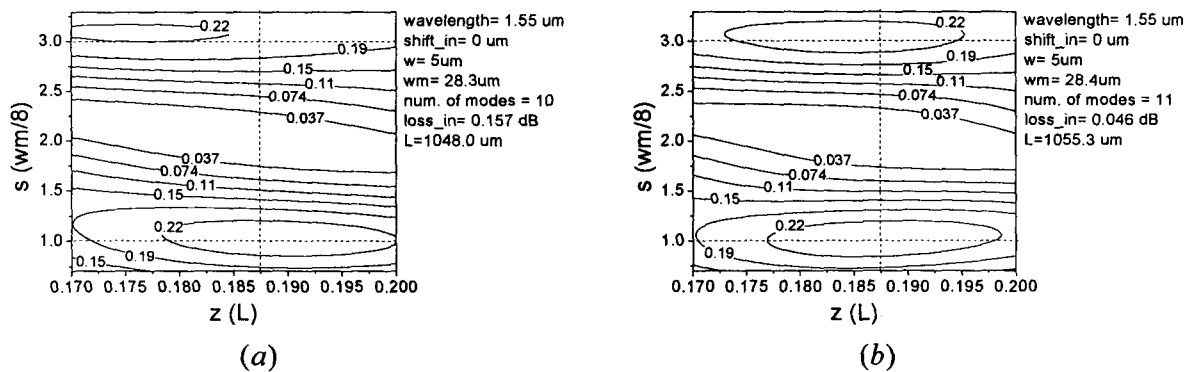


그림 3 간섭기 길이 및 출력도파로 접합위치에 따른 결합계수 분포

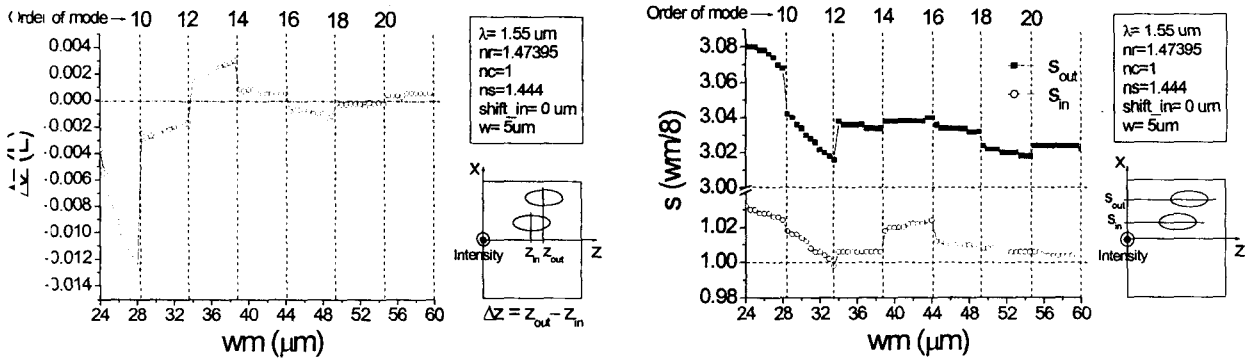


그림 5 안쪽과 바깥쪽 도파로의 간섭기폭에 따른 최대결합 길이 차이

그림 4 안쪽의 도파로와 바깥쪽 도파로 각각에 대한 최대결합 위치

참고문헌

- 1] T. Saida, A. Himeno, M. Okuno, A. Sugita and K. Okamoto, Electron. Lett. 35(23), 2031~2033 (1999)
- 2] M. Bachmann, P. A. Besse, and H. Melchior, Applied Optics 33(18), 3905~3911 (1994)
- 3] L. B. Soldano and E. C. M. Pennings, J. Lightwave Technol. 13(4), 615~627 (1995)