

## 4-포트 비선형 도파로에서의 완전 광 논리 기능

# All-Optical Logic Functions in a 4-Port Nonlinear Waveguide

임동윤, 황재완, 최봉필, 정제명, 장호성\*  
 한양대학교 전자통신전파공학과, \*단국대학교 전자통신공학과  
 LDY7230@hanafos.com

최근에는 높은 정보지향 사회를 지탱하기 위해 통신 및 정보 처리 시스템의 용량과 속도 향상을 더욱 필요로 하고 있다. 그러기 위해 광학에서는 광 신호를 직접 제어할 수 있는 완전 광 논리회로 개발이 중요하게 여겨지고 있다. 완전 광 논리회로는 X-교차 및 Y-분기 도파로와 같은 구조들을 이용하고 있으며[1,2], 소자 내에 비선형 매질을 사용하여 솔리톤 전파를 일으키는 비선형 효과를 이용하고 있다.

본 논문에서는 Y-분기 및 비선형 도파로의 특성을 이용한 새로운 구조의 완전 광 논리 기능에 대해 연구하였다. 제안된 완전 광 논리 기능은 입사각간의 상호 위상차에 의해 결합된 도파로에서의 전파특성에 좌우되며, 분기된 도파로의 분기각과 분기된 각각의 도파로 폭에 따라 파의 출력 비율에 좌우된다. 그리고 비선형 매질에서 공간 솔리톤을 이용하여 파의 출력 비율을 조절하였다. 이 구조를 응용하여 다양한 전광 논리 게이트를 실현할 수 있으며, 유한차분 빔전파법 (finite-difference beam propagation method : FD-BPM)을 이용하여 OR/XOR의 논리 연산기능이 유추됨을 증명하였다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 4-포트 비선형 도파로에 대한 구조를 보여주고 있다. 이 구조의 파라미터들은 다음과 같이 선택하였다. 코어의 폭은  $W_1 = 1.67 \mu\text{m}$ ,  $W_2 = 0.8 \mu\text{m}$ ,  $W_3 = 1.13 \mu\text{m}$ ,  $W_4 = 1.34 \mu\text{m}$ 이고 코어의 굴절률은  $n_1 = 2.28$ , 클래딩의 굴절률은  $n_2 = 2.19$ , 비선형 매질의 선형 굴절률은  $n_0 = 2.28$ , 비선형 굴절률은  $n_2 = 2.2 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{W}$ 이고  $d_1 = d_2 = 1 \mu\text{m}$ , 도파로의 분기각은  $\theta = 1.0^\circ$ , 초기 전력은  $P_{in} = 160 \text{ mW/mm}$ , 각각의 도파로 길이  $L_1 = 100 \mu\text{m}$ ,  $L_2 = 30 \mu\text{m}$ ,  $L_3 = 100 \mu\text{m}$ 이다. 그리고, 출력 포트는 포트  $O_1$ 으로 하였다. 도파로에  $\psi_1$  또는  $\psi_2 e^{j\varphi}$ 로 표기될 수 있는 광파를 입사하였을 때 시뮬레이션 결과를 그림 2에서 보여준다. 여기서  $\psi_1$ 와  $\psi_2$ 는 폭이  $W_1$ 과  $W_2$ 인 도파로의 모드 분포를 나타내고 전력은 표본화된 전력 "1"이다. 또한,  $e^{j\varphi}$ 는 두 모드 사이에 관한 위상 차를 기술한 것이다.

첫번째로 포트  $I_1$ 과  $I_2$ 의 초기 위상이 동 위상 ( $\varphi = 0$ )일 때, XOR 연산 기능의 수치해석 결과를 그림 2(a)-(c)에서 보여준다. 그림 2(a)에서는 입력 포트  $I_1$ 에만 "1"을 입사할 때, 출력 포트  $O_1$ 으로 약 0.9 정도 전파하는 것을 볼 수 있다. 또한, 그림 2(b)에서는 입력 포트  $I_2$ 에만 "1"을 입사할 때, 출력 포트  $O_1$ 에는 약 0.9 정도 전파하는 것을 볼 수 있다. 마지막으로, 그림 2(c)에서는 입력 포트  $I_1$ 과  $I_2$ 의 양쪽에 "1"을 입사할 때, 출력 포트  $O_1$ 에는 약 0.2 정도 전파하는 것을 볼 수 있다. 그림 2(a)-(c)의 결과 XOR 연산 기능의 전광 논리게이트를 구현할 수 있다. 다음으로 포트  $I_1$ 과  $I_2$ 의 초기 위상이 역위상 ( $\varphi = \pi$ )일 때, OR 연산 기능의 수치해석 결과를 그림 2(a), (b), (d)에서 보여준다. 그림 2(a)와 (b)의 결과는 동일하며, 그림 2(d)에서는 입력 포트  $I_1$ 과  $I_2$ 의 양쪽에 "1"을 입사할 때, 출력 포트  $O_1$ 에는 약 0.9 정도 전파하는 것을 볼 수 있다. 그림 2(a), (b), (d)의 결과 OR 연산 기능의 완전 광 논리 기능을 구현할 수 있다. 표

1은 그림 2의 모든 수치해석 결과를 요약한 것이다.

결과적으로, 우리는 Y-분기 및 비선형 도파로 구조에서의 전파 특성을 이용하여 새로운 완전 광 논리 기능을 증명하였으며, 이러한 구조를 응용하여 여러 연산 기능을 수행하는 논리 회로를 구현할 수 있다.

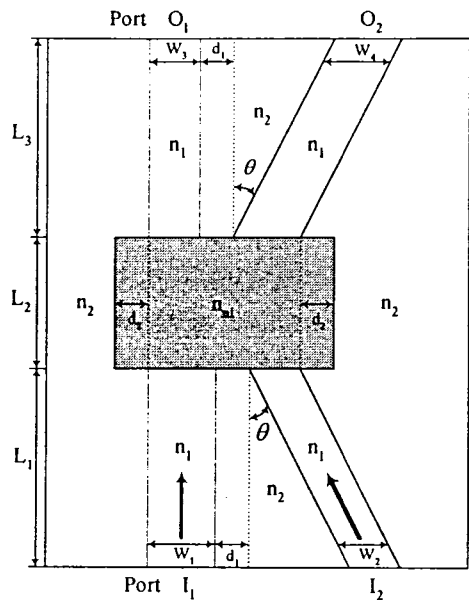


그림 1. 4-포트 비선형 도파로 구조.

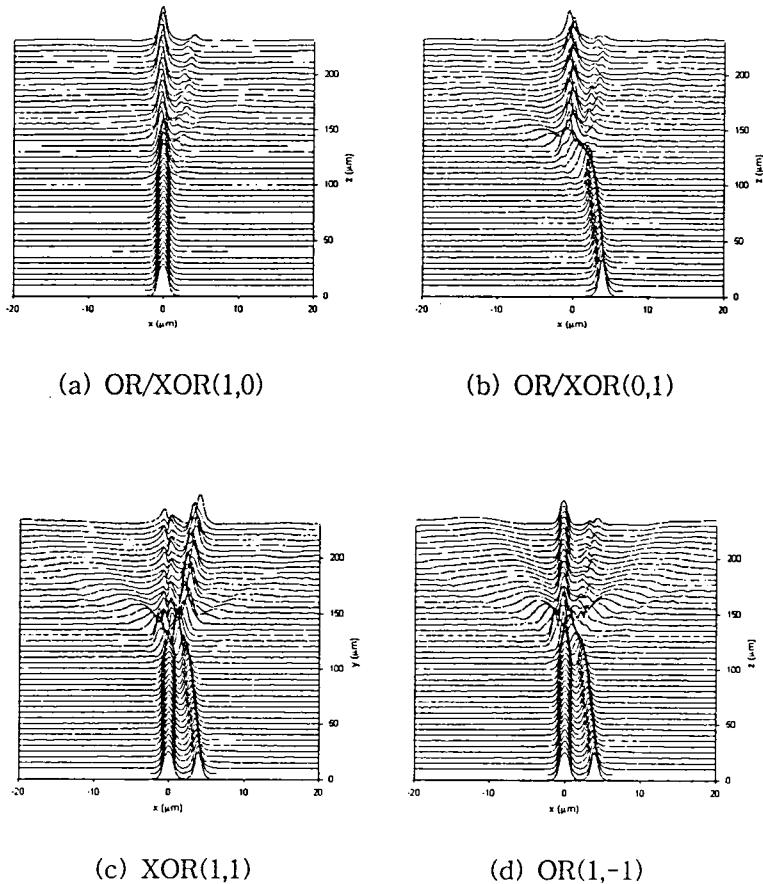


그림 2. OR/XOR의 논리 연산 기능.

표 1. OR/XOR의 논리 연산 기능 출력 특성.

$I_1$	$I_2$	$O_1(\text{OR})$
0	0	0
0	-1	1(0.9)
1	0	1(0.9)
1	-1	1(0.9)

$I_1$	$I_2$	$O_1(\text{XOR})$
0	0	0
0	1	1(0.9)
1	0	1(0.9)
1	1	0(0.2)

감사의 글

이 연구는 2003년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었습니다.

참 고 문 헌

1. K. Matsubara and H. Yajima, "Analysis of Y-branching optical circulator using magneto-optic medium as a substrate," *J. Lightwave Technol.*, 9, 1061-1067 (1991).
2. Y. Tsuji and M. Koshiba, "A finite element beam propagation method for strongly guiding and longitudinally varying optical waveguides," *J. Lightwave Technol.*, 14, 217-222, (1996).

