

DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기 스위치의 구조 파라미터들이 소자 특성에 미치는 영향

Effect of Structure Parameters on the Characteristics of Vertical Directional Coupler Switches with DSDR Waveguide Structures

김성철*, 정병민, 김부균
 숭실대학교 정보통신전자공학부
 cori96@sunbee.ssu.ac.kr

대칭형 구조의 스위칭 동작을 발생시키는 영역(switching operation induced section, SOIS)과 비대칭형 구조의 소멸비를 향상 시켜주는 영역(extinction ratio enhanced section, ERES)으로 구성되는 DSDR (double-sided deep-ridge)도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기 스위치가 제안 되었다⁽¹⁾. 제안된 수직 방향성 결합기 스위치는 코어의 굴절을 변화만으로 편광에 관계없이 매우 짧은 소자 길이를 가지고 크로스과 바 상태 모두에서 30 dB 이상의 매우 높은 소멸비를 얻을 수 있었다.

본 발표에서는 위와 같은 DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기 스위치에서 여러 가지 구조 파라미터에 대하여 편광에 관계없이 크로스과 바 상태 모두에서 30 dB (20 dB) 이상의 소멸비를 가지는 최적 소자 길이, ERES 영역에서의 두 코어 굴절율의 차이 및 소자 길이에 대한 제작 공차 등에 대하여 보고하고자 한다.

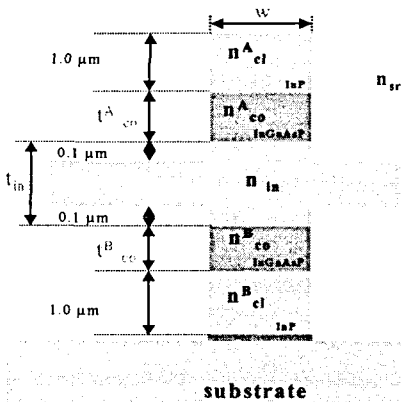
그림 1은 DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 방향성 결합기 스위치의 2차원 단면도이다. 수직 방향성 결합기 스위치의 특성을 알아보기 위해 사용된 구조 및 물질 파라미터는 다음과 같다. 도파관 A와 도파관 B의 바깥쪽 클래딩의 굴절율, n_{cl}^A 과 n_{cl}^B , 및 도파관 A와 도파관 B 사이의 내부 클래딩 영역의 굴절율, n_{in} ,은 3.17 로, 도파관을 둘러싸고 있는 물질의 굴절율, n_{sr} ,은 공기의 굴절율인 1로 설정하였다. 또한 바깥쪽 클래딩의 두께는 1 μm 로, 도파관 A와 도파관 B의 코어의 두께는 같다고 설정하였다. 사용된 파장은 1.55 μm 이다. 위와 같이 설정된 물질 및 구조 파라미터를 가지고 내부 클래딩의 두께, t_{in} ,와 코어의 두께, t_{co}^A 와 t_{co}^B , 및 도파관 폭, w ,을 변화시키면서 소자 특성을 계산하였다.

표 1은 편광에 무관한 소자 특성을 가지는 DSDR 수직 방향성 결합기 스위치의 구조 파라미터에서, 크로스과 바 상태의 길이를 일치시키기 위한 SOIS 영역의 각각의 배수 값, m ,에 대하여 4 가지 경우 (크로스과 바 상태의 TE 모드와 TM 모드) 모두 최적의 소멸비를 가지도록 하는 소자 길이 및 ERES 영역에서의 두 코어 굴절율의 비대칭 값을 나타내었다. 또한 4가지 경우에 30 dB 이상과 20 dB 이상의 소멸비를 얻을 수 있는 소자의 길이 영역을 계산하였다. 예를 들어 편광에 무관한 소자 특성을 가지는 DSDR 수직 방향성 결합기 스위치의 내부 클래딩 영역의 두께가 0.7 μm , 코어 두께가 0.8 μm , 도파관 폭이 1.30 μm 인 구조 파라미터를 가지는 DSDR 수직 방향성 결합기 스위치의 경우 SOIS 영역에서 크로스과 바 상태의 길이를 일치시키기 위한 배수 값이 $m=6$ 일 때 소자 길이가 1097.78 μm 이고 ERES 영역에서의 두 코어 굴절율의 비대칭 값이 0.0003 일 때 최대 소멸비를 얻을 수 있었고 편광에 관계없이 크로스과 바 상태에서 모두 30 dB (20 dB) 이상의 소멸비를 얻을 수 있는 소자 길이의 범위는 약 1.24 μm (16.06 μm)임을 알 수 있었다.

소자의 내부 클래딩의 두께와 코어 두께가 감소함에 따라 두 도파관은 강하게 결합되기 때문에 스위

치 소자길이(결합길이)는 감소함을 볼 수 있었고, ERES 영역에서의 두 코어 굴절율의 비대칭 값은 증가함을 볼 수 있었다. 또한 내부 클래딩 및 코어 두께가 작으면 구조 파라미터 변화에 대한 소자 특성의 변화가 크게 발생하기 때문에 4 가지의 경우 모두 30 dB 이상의 소멸비를 만족하는 제작 공차는 감소하거나 존재하지 않음을 볼 수 있었다. 반면, 내부 클래딩 영역의 두께와 코어 두께가 증가하면 두 도파관 사이의 결합력은 감소하기 때문에 편광에 관계없이 특정 소멸비를 얻을 수 있는 소자 길이에 대한 제작 공차는 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 내부 클래딩 영역의 두께와 코어 두께가 커지면 도파관 폭이 커져 소자에 단일모드가 존재하지 않게 된다. 예를 들어 내부 클래딩 영역의 두께가 0.8 μm 이고 코어 두께가 0.9 μm 일 때 TE 모드와 TM 모드의 결합길이가 같아지게 되는 도파관 폭은 1.44 μm 가 되어 단일 모드 조건을 만족하지 않게 된다.

본 발표에서는 소자의 구조 파라미터가 소자 특성에 미치는 영향에 대하여 알아보았고 편광에 관계없이 크로스와 바 상태에서 모두 높은 소멸비를 주며 소자 길이의 제작 공차를 최대로 하는 구조 파라미터들이 존재함을 보였다.



내부 클래딩 영역의 두께 (μm)	코어 두께 (μm)	도파관 폭 (μm)	m	스위치 소자길이 (μm)	굴절율의 비대칭	스위치 소자길이의 제작공차 (μm)	
						30dB	20dB
0.5	0.7	1.08	8	520.70	0.00190	0	3.96
			9	582.08		0	4.02
	0.8	1.14	7	602.82	0.00100	0	5.36
			8	683.34		0	5.16
	0.9	1.27	7	781.00	0.00055	0.84	9.96
			8	885.44		0.68	9.84
0.6	0.7	1.16	6	566.70	0.00100	0	6.02
			7	654.28		0	5.92
	0.8	1.24	6	758.36	0.00050	0.06	10.28
			7	875.56		0.12	10.30
	0.9	1.34	6	993.88	0.00025	1.36	14.84
			7	1147.52		1.08	14.46
0.7	0.7	1.23	5	681.36	0.00060	0	10.14
			6	806.40		0	9.84
	0.8	1.30	5	927.72	0.00030	0.54	15.44
			6	1097.78		1.24	16.06
	0.9	1.41	5	1233.60	0.00015	4.02	23.64
			6	1459.88		2.66	22.24
0.8	0.7	1.26	5	966.66	0.00030	1.26	16.88
			6	1143.96		0	14.3
	0.8	1.33	5	1341.10	0.00015	1.28	22.64
			6	1586.96		3.12	24.46

그림 1. DSDR 도파관 구조를 가지는 수직 표 3. 편광에 관계없이 최적의 소멸비를 가지는 소자 길이, 방향성 결합기 스위치의 2차원 단면도. ERES 영역에서의 두 코어 굴절율의 비대칭 값 과 30dB (20dB) 이상의 소멸비를 가지는 소자 길이의 제작 공차.

참고문헌

[1]. 정병민, 김부균, "편광에 관계없이 매우 높은 소멸비와 짧은 길이를 가지는 수직 방향성 결합기 스위치", 한국광학회지, 15권, 6호, 2004.

FD