

2013 Photonics Conference

November **20** (Wed.) ~ November **22** (Fri.), 2013
Phoenix Island, JEJU, KOREA

Organized by

[OSK](#) / Photonics Division

[KICS](#) / Optical Communication Division

[IEEK](#) / Optical Wave and Quantum Electronics Division

[KIEE](#) / Optical Electronics and E. M. Wave Division

[IEEE](#) / PS Korea Chapter

[SPIE](#) / Korea Chapter

Program

Proceeding

Exit

Photonics Conference 2013

Program Overview

11월 20일 (수)

시간/장소	아일랜드볼룸 1(A)	아일랜드볼룸 2(B)	아일랜드볼룸 3(C)	윈드홀 I(D)	윈드홀 II(E)
13:00~18:00	등 록 (1층 등록데스크)				
14:00~15:30	광가입자망 좌장: 정현도(Bell Lab.)	그래핀 광소자 좌장: 최춘기(ETRI)	LED/Solar Cell/ Display I 좌장: 김학린(경북대)	THz 광소자 I 좌장: 전태인(한국해양대)	바이오 포토닉스 I 좌장: 박용근(KAIST)
	W1A- I 1~5	W1B- II 1~4	W1C- III 1~4	W1D- II 1~4	W1E- V 1~5
15:30~15:45	Coffee Break				
15:45~17:15	광통신모듈 좌장: 김중회(ETRI)	광결정소자 좌장: 김진태(ETRI)	LED/Solar Cell /Display II 좌장: 류한열(인하대)	가시광통신 좌장: 강세경(ETRI)	광섬유센서 좌장: 박희수(KRISS)
	W2A- I 1~5	W2B- II 1~5	W2C- III 1~4	W2D- I 1~5	W2E- IV 1~4
17:15~18:30	Poster Session I (2층 복도)				
	WP- I 1~6, WP- II 1~26, WP- IV 1~8, WP- V 1~7				

Photonics Conference 2013

17:15	WP-II 12	■ 이중 링 공진기 Add/Drop 필터와 광 지연 도파로가 Cascaded 된 구조의 가변 광 신호 지연기	127
		고윤영, 김효석, 문현승, 정영철(광운대)	
17:15	WP-II 13	■ 실리콘 포토닉스 기반 Dual-tapering을 이용한 광 소자간 코어 크기 변화에 따른 파워 손실 및 전송 성능 분석	129
		김성진, 양승민, 김현승, 손용환, 한상국(연세대)	
17:15	WP-II 14	■ 광집적회로를 이용한 광전압센서	131
		허성욱, 추우성, 오민철(부산대)	
17:15	WP-II 15	■ 자기정렬 산란층을 도입한 누화 억제 고밀도 광집적회로 소자	133
		황광호, 김준휘, 오민철(부산대)	
17:15	WP-II 16	■ A Polarization Rotator design based on Air gap dielectric waveguide.	135
		Thang Q. Tran, Sangin Kim and ChangKoo Kim(Ajou Univ.)	
17:15	WP-II 17	■ 사파이어 기판에 성장된 GaN 기반 LD에서 도파로 anti-crossing 효과	137
		김동철, 배성범, 김성복, 남은수(ETRI)	
17:15	WP-II 18	■ 다리 도파로를 갖는 방향성 결합기 기반의 평판형 편광 빔 분파기	139
		김동욱, 정홍선, 이문혁, 김유덕, 김정현(인하대)	
17:15	WP-II 19	■ 파장가변 트랜시버를 위한 고반사율 폴리머 광도파로 브래그 리플렉터	141
		성치훈, 이원준, 김준휘, 오민철(부산대), 신진수(KAIST)	
17:15	WP-II 20	■ GaN nanorod의 지름 변화에 따른 photoluminescence 조사	143
		이상태, 박병권, 김정진, 문미림, 김문덕(충남대), 김송강(중부대), 오재웅(한양대)	
17:15	WP-II 21	■ 사영빔을 이용한 초소형 반사형 광 인코더	145
		이용건, 이학순, 박지택, 류현주, 이상신(광운대)	
17:15	WP-II 22	■ 은나노 입자 합성조건에 따른 플라즈몬 공명주파수 변화	147
		현재영, 김기현, 김완호, 전시욱, 윤창훈, 김재필, 송상빈(KOPTI)	
17:15	WP-II 23	■ Si 링 공진기 구현을 위한 Si 다중모드 간섭기 (Multimode Interferometer)의 특성연구	149
		성연수, <u>유병민</u> , <u>반유진</u> , <u>최우영</u> (연세대)	

Si 링 공진기 구현을 위한
Si 다중모드 간섭기 (Multimode Interferometer)의 특성 연구

Characteristics of Si Multimode Interferometer Couplers
for Si Ring Resonator Implementation

성연수*, 유병민, 반유진, 최우영
연세대학교 전기전자공학과

We investigate the characteristics of Si multimode interferometer (MMI) couplers that can be used in a Si ring resonator. Various MMI characteristics are obtained with Lumerical Mode simulation.

고속 근·단거리 (board-to-board, chip-to-chip) 광연결 응용을 위해 silicon photonics 기술이 활발히 연구되고 있다. 그 중, 빛을 변조하기 위해 링 공진기(Ring Resonator)를 이용하는 변조기가 많은 관심의 대상인데, 이는 적은 면적에 구현이 가능해 집적이 용이하고, 낮은 동작 전압에서도 사용 가능하다는 장점을 갖기 때문이다 [1]. 효율적인 링 공진기 구현을 위해서는 결합기(coupler)가 작고, 손실이 적으며, 또한 변조기가 요구하는 적절한 값의 Q를 적용할 수 있어야 한다.[2] 현재 링 공진기 구현에 많이 사용되고 있는 방향성 결합기의 경우, gap이나 길이변화에 대해 결합 정도가 민감하게 변하기 때문에 공정변화에 따라 공진기의 성능이 큰 영향을 받을 수 있다. 이에 비해, 다중모드 간섭기 (multimode interferometer, MMI)는 방향성 결합기에 비해서 polarization dependence나 공정상 변화에 대해 덜 민감하다는 장점이 있기에, 본 연구에서는 [3] MMI를 이용한 링 공진기 구현을 목표로 MMI 특성을 simulation을 통해 조사해보았다.

그림 1 은 본 연구에서 사용된 MMI 기반 링 공진기의 구조도이다. 링 공진기는 8 μm 의 반원 두 개와 MMI와 그와 같은 길이를 가진 도파로로 구성 되어있다. MMI는 소자의 크기를 작게 만들기 위하여 입력 출력 도파로가 각각 1/3지점에 있는 paired interference 로 구성하였다 [4]. 결합하는 빛은 결합하지 않는 빛과 $\pi/2$ 위상차를 갖게 되며, 최종 출력 파워는 다음과 같은 식으로 구해진다.

$$P = \left[\frac{a^2 a_{mmi}^2 - 2aa_{mmi}\gamma \cos \theta + \gamma^2}{1 - 2a\gamma \cos \theta + a^2\gamma^2} \right]$$

여기서, a 는 loss coefficient, k 는 coupling coefficient, γ 는 through coefficient, θ 는 빛이 링을 한 바퀴 돌 때 생기는 위상변화이다. MMI에서의 빛의 투과도 (a_{MMI})는 $\gamma^2 + k^2$ 과 같으며, 손실이 없는 경우는 1의 값을 갖는다. 공진 상태일 때 ($\cos\theta=1$) 출력 P 가 0이 되는 상태, 즉 $a = \gamma$ 일 때를 critical coupling이라 하는데, 이 경우 가장 변조효율이 크게 된다. 링 공진기의 중요한 특성 중 하나인 free spectral range (FSR)와 full width half maximum (FWHM), 및 Q 값은 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다. FSR과 Q값은 링 공진기의 특성을 결정하는 중요한 요소이다.

$$\text{FSR} = \frac{\lambda^2}{n_g L}, \quad Q = \frac{\lambda}{\text{FWHM}} = \frac{\pi n_g L \sqrt{\gamma a}}{\lambda(1 - \gamma a)}$$

위 식에서 보듯이 링 공진기의 특성 값들은 MMI를 포함한 링의 길이 (L)와 through coefficient (γ)에 의해 결정된다.

본 연구에서는 OPSIS-IME foundry 서비스가 제공하는 SOI 기반 Si Photonic 공정을 기반으로 220 nm의 두께와 500 nm의 너비를 가진 도파로를 설계했다. 광파가 링을 한 바퀴 돌 때의 투과도(a)는 foundry 서비스가 제공하는 2.0 dB/cm 값을 사용하였다 [5]. 구조는 2x2 MMI에서 가장 손실이 적도록 출력단에 두 개의 image point가 생성되는 구조를 설계하였고 자세한 특성을 $W=3 \mu\text{m}$, $4 \mu\text{m}$, $6 \mu\text{m}$ 인 3가지 타입의 MMI에 대해 Lumerical사의 Mode Solutions을 이용한 simulation으로 분석하였다. 이 분석을 바탕으로 각각의 W에 따른 길이(L), 비율(γ , κ)과 투과도(a_{MMI})를 구하고, 이로부터 1550 nm의 파장에서 의 링 공진FSR과 Q값을 구한 결과를 결과는 표 1에 정리하였다. 그림 2는 각 경우에 대한 전파 특성을 보여준다.

표 1. MMI를 이용한 링의 특성 값

W	L_{MMI}	L	γ^2	κ^2	a_{mmi}	a	FSR	Q
3 μm	10.2 μm	70.7 μm	0.110	0.766	0.876	0.998	9.7 nm	408.8
4 μm	18.6 μm	87.5 μm	0.383	0.419	0.802	0.998	7.9 nm	1256.7
6 μm	41.6 μm	133.4 μm	0.348	0.390	0.738	0.997	5.2 nm	1713

표에서 볼 수 있듯이, W가 작아질수록 손실이 줄어들고 γ 와 a 값의 차이가 커져 critical coupling 조건에서 멀어지지만, 전체 길이는 줄어들어 집적에 용이하며 FSR이 늘어나는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, $W = 3 \mu\text{m}$ 인 경우, 그림 2에서 볼 수 있듯이, MMI 내에 생성되는 mode의 갯수가 적어져서 출력단에 image point가 생성되지 않고 이로 인해 이로 인해 Q값이 낮아지게 된다. 이는, MMI를 이용한 링 공진기의 경우, W를 너무 줄일 수 없음을 시사한다.

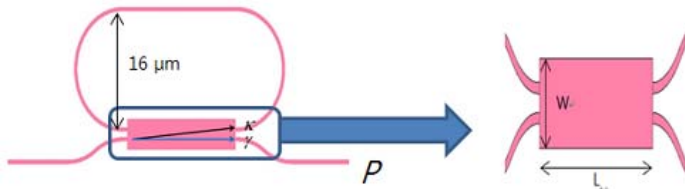


그림 1 MMI를 이용한 링 공진기와 MMI평면도

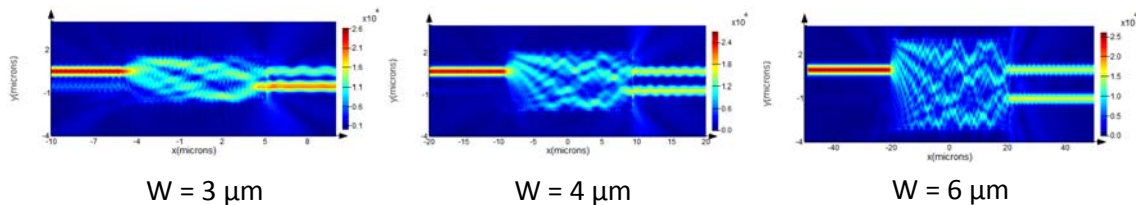


그림 2 MMI 너비에 따른 1550 nm 빛의 전파 모습

[1] W. Bogaerts *et al.*, *Laser Photonics Rev.* 6, no. 1, pp. 47–73, 2012.
 [2] P. Dong *et al.*, *Optics Express*, vol. 17, no. 25, pp. 22484–22490, 2009.
 [3] M. Rajarajan *et al.*, *IEEE J. of Light Technol.*, vol. 12, no. 6, pp. 1004–1009, 1994.
 [4] J. Soldano *et al.*, *IEEE J. of Light Technol.*, vol. 13, no. 4, pp. 615–627, 1995.
 [5] T. Pinquet, IME OPSIS Design Rule Manual, Opsis, Rev. 1.5, 2012