

2019 PHOTONICS CONFERENCE

December 4 (Wed) ~ 6 (Fri), 2019

Phoenix Pyeongchang, Korea (휘닉스 평창)

Sponsored by

(주)성경포토닉스, 한국전자통신연구원
텔레다인르크로이, (주)팬옵틱스
HFR, 아이엔텍
안리쓰코퍼레이션, 오이솔루션
대한광통신(주), 서울시립대학교 정보기술연구소

Organized by

OSK / Photonics Division
KICS / Optical Communication Division
IEIE / Optical Wave and Quantum Electronics Division
KIEE / Optical Electronics and E. M. Wave Division
IEEE / PS Seoul (Korea) Chapter
SPIE / Korea Chapter



Program Overview

12월 4일 (수)

시간/장소	Timber Hall 1 (A)	Timber Hall 2 (B)	Timber Hall 3 (C)	Agenda 1-1 (D)	Agenda 1-2 (E)
12:00~18:00	등록 (2층 Timber Hall 1 앞)				
13:00~14:30	광소자 I 좌장: 한상윤(KAIST)	광통신 및 광네트워크 I 좌장: 성혁기(홍익대)	바이오포토닉스 I 좌장: 송영민(GIST)	광신호처리 I 좌장: 최기홍(ETRI)	양자정보통신 I 좌장: 김용수(KIST)
	W1A-II	W1B-I	W1C-VI	W1D-V	W1E-I
14:30~14:45	Coffee Break				
14:45~16:15	광소자II 좌장: 김정원(KAIST)	광통신 및 광네트워크II 좌장: 정현도(ETRI)	광섬유/재료 I 좌장: 진진화(KRISS)	디스플레이/LED/ 태양전지 I 좌장: 나준희(충남대)	양자정보통신 II 좌장: 윤천주(ETRI)
	W2A-II	W2B-I	W2C-IV	W2D-III	W2E-I
16:15~17:15	Tutorial I (Timber Hall 1) 좌장: 송용원(KIST)	연사: 김 휘(고려대) 주제: Holographic Display의 원리, 응용과 기술이슈			
17:15~18:30	Poster Session I (Agenda 1 앞 복도)				
	WP				

Timber Hall 1 13:00~14:30

광소자 I

좌장 : 한상윤(KAIST)

- W1A-II-1 5G 디지털 프론트홀용 C-Band 25Gbps EML 기술(초청논문), 김남제(한국전자통신연구원) 외
- W1A-II-2 Performance Optimization of 25-Gbps O-Band Depletion-Type Silicon Ring Modulators, 성민희(연세대) 외
- W1A-II-3 5G 이동통신을 위한 O-band Tunable 광송수신기 모듈(초청논문), 진재현((주)옵티코어) 외
- W1A-II-4 양자 통신을 위한 InP 기반 집적형 편광 제어기, 안신모(전자통신연구원) 외

Timber Hall 1 14:45~16:15

광소자 II

좌장 : 김정원(KAIST)

- W2A-II-1 나노전극 구조를 통한 테라헤르츠 발생 및 검출 소자의 성능 향상(초청논문), 문기원(한국전자통신연구원) 외
- W2A-II-2 광소자 기반 테라헤르츠 비파괴 이미징 측정 시스템의 산업적 응용, 박경현(한국전자통신연구원) 외
- W2A-II-3 850nm GaAs/AlGaAs 레이저 다이오드의 internal loss 및 quantum efficiency 값 추출 및 이를 이용한 simulation 정확도 향상, 양정택(연세대) 외
- W2A-II-4 기술임 브래그 격자와 비대칭 모드분리 광도파로 구조가 이중 결합된 폴리머 가변파장 필터, 박태현(부산대) 외
- W2A-II-5 InP 렌즈가 후면에 집적된 표면입사 InGaAs 광다이오드 칩의 제작 및 특성평가, 김덕준(한국전자통신연구원) 외

Timber Hall 2 13:00~14:30

광통신 및 광네트워크 I

좌장 : 성혁기(홍익대)

- W1B-I-1 데이터 센터를 위한 초고속 고밀도 광학 엔진 기술 동향 연구(초청논문), 이은구((주)네온포토닉스) 외
- W1B-I-2 트윈-필드 양자키분배 시스템 구현을 위한 실용적인 구조, 박창훈(아주대) 외
- W1B-I-3 근거리 광전송 시스템에서 DSB-DMT 신호와 VSB-DMT 신호의 전송성능 비교, 김병근(한국과학기술원) 외
- W1B-I-4 직접 변조 레이저-직접 검출 시스템을 위한 구분적 선행 함수 기반 볼테라 등화기, Yuku Yu(KAIST) 외
- W1B-I-5 위성광통신 채널환경에서 LDPC 인터리빙 성능 평가, 민지현(국민대) 외

Timber Hall 2 14:45~16:15

광통신 및 광네트워크 II

좌장 : 정현도(ETRI)

- W2B-I-1 5G/B5G를 위한 저지연 광액세스 대역 할당 기술(초청논문), 두경현(한국전자통신연구원) 외
- W2B-I-2 사인파로 변조된 입력 광신호를 이용하여 구현된 2채널 OTDM 방식 PAM8 전송시스템, 배성현(KAIST) 외
- W2B-I-3 광커플러 기반 스톱스 벡터 수신기의 교정 방법, Yi Che(KAIST) 외
- W2B-I-4 멀티레벨 광 전송의 주파수 의존적인 비선형성 완화를 위한 스펙트럼 분할 사전왜곡 기법, 임규태(연세대) 외
- W2B-I-5 보급형 기기와 듀얼 이미지 처리를 통한 광학 빔 조향 시스템, 조성현(인천대) 외

Timber Hall 3 13:00~14:30

바이오포토닉스 I

좌장 : 송영민(GIST)

- W1C-VI-1 분자 내시경 개발을 위한 폐 악성 종양의 아형에 따른 흡광도 및 라만 스펙트럼 분석(초청논문), 이원경(한국전자통신연구원) 외

- W1C-VI-2 개방형 플랫폼을 통한 광학 의료기기 기술사업화(초청논문), 이승락(오송첨단의료산업진흥재단)

- W1C-VI-3 비레이저 광원을 사용하는 의료용광선조사기 안전성 평가방법에 관한 연구(초청논문), 박성용(한국산업기술시험원)

Timber Hall 3 14:45~16:15

광섬유/재료 I

좌장 : 진진화(KRIS)

- W2C-IV-1 비선형 이득 광섬유에서의 펄스의 다양한 동적 특성(초청논문), 정윤찬(서울대) 외
- W2C-IV-2 레이저 다이오드 여기 어블:이터블 같이 첨가한 광섬유 레이저 설계(초청논문), 이강인((주)한화) 외
- W2C-IV-3 고효율 어블:이터블 동시 첨가된 전 광섬유 레이저, 이재훈((주)한화) 외
- W2C-IV-4 중적외선 광학렌즈를 위한 TeO₂계 광학유리의 제조 및 특성분석, Kadathala Linganna(한국광기술원) 외

Agenda 1-1 13:00~14:15

광신호처리 I

좌장 : 최기홍(ETRI)

- W1D-V-1 나노 주기 구조의 광학공진 현상 기반 디스플레이 소자 응용 연구(초청논문), 도윤선(경북대) 외
- W1D-V-2 브러그만 메타박막을 이용한 가변 구조색 연구와 그 응용(초청논문), 이승열(경북대) 외
- W1D-V-3 The waveguide-type 3D AR display based on the integral imaging using the full-color holographic optical element-mirror array, Nyamsuren Darkhanbaatar(Chungbuk Nat'l Univ.) 외

Agenda 1-1 14:45~15:45

디스플레이/LED/태양전지 I

좌장 : 나준희(충남대)

- W2D-III-1 Reversible, full color luminescence by post-treatment of perovskite nanocrystals(초청논문), 김기환(한국광기술원)
- W2D-III-2 Camouflage and Display Soft Machines based on Main-Chain Chiral Liquid Crystalline Elastomers(초청논문), Se-Um Kim(Univ. of Pennsylvania) 외

Agenda 1-2 13:00~14:30

양자정보통신 I

좌장 : 김용수(KIST)

- W1E-I-1 고전광원 및 양자적 얽힘 광원의 양자 간섭 특성(초청논문), 김한오(부산대) 외
- W1E-I-2 다중 광자 얽힘과 양자 상태 전송(초청논문), 이상민(한국표준과학연구원)
- W1E-I-3 양자암호통신 프로토타입의 보안성(초청논문), Spiros Kechrimparis(한국과학기술원) 외

Agenda 1-2 14:45~16:15

양자정보통신 II

좌장 : 윤천주(ETRI)

- W2E-I-1 LPN 문제를 위한 양자-고전 계층적 하이브리드 강화 학습 알고리즘(초청논문), 박종훈(한국과학기술원) 외
- W2E-I-2 두 큐비트 제어를 위한 양자 광집적회로(초청논문), 이육재(한국전자통신연구원) 외
- W2E-I-3 정보적으로 균형잡힌 다자간 양자암호통신(초청논문), Tanumoy Pramanik(한국과학기술연구원) 외

Agenda 1 앞 북동 17:15~18:30

Poster Session I

Performance Optimization of 25-Gbps O-Band Depletion-Type Silicon Ring Modulators

성민혁*, 조영관, 최우영
연세대학교 전기전자공학과

We optimize the modulation performance of 25-Gbps O-band Si ring modulators (Si-RMs) based on couple-mode theory parameters. We show by simulation and measurement that we successfully achieve performance optimization.

최근 다양한 응용분야에서 요구되는 데이터 전송 용량의 증가를 충족시키기 위해 Si Photonics에 기반한 광 연결 시스템에 관한 관심이 급증하고 있다. Si Photonics가 제공하는 다양한 광소자 중 Silicon Ring Modulator(Si-RM)는 크기가 작아서 집적화에 매우 용이하기 때문에 [1], 이에 관한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에는 Si-RM의 성능에 영향을 미치는 key parameter들을 활용하여 목표로 하는 data rate에서 Si-RM의 최적의 구조를 찾고, 이를 실험적으로 검증하고자 한다.

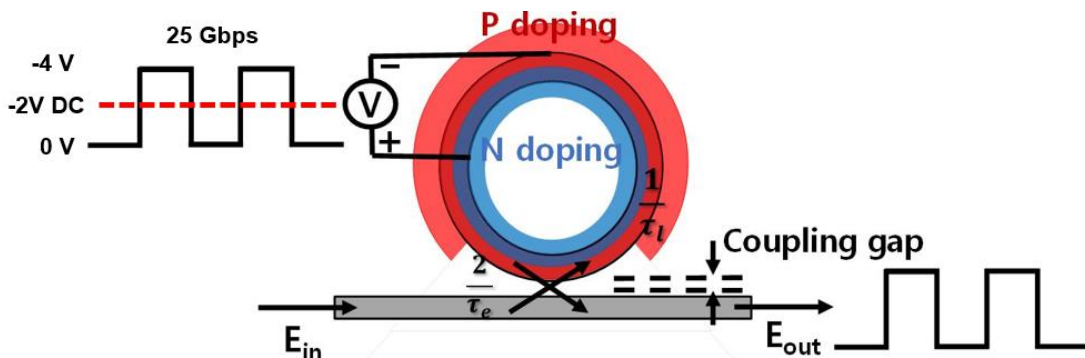


그림 1. Depletion-Type Si-RM의 구조

그림 1은 연구에 사용된 Si-RM의 구조를 보여준다. Doping region의 농도는 P: $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$, N: $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-2}$ 이며, waveguide width는 450nm와 400nm이다. 또한 변조 시 사용된 NRZ signal은 -2 V_{DC}, 4 V_{pp}, 그리고 25 Gbps이다. Si-RM의 광학적 특성은 아래에 주어진 coupled-mode theory 기반 식들로 모델링 될 수 있다. [2]

$$\frac{d}{dt} a(t) = (j\omega_r - \frac{1}{\tau})a(t) - j\sqrt{\frac{2}{\tau_e}} E_{in}(t) \quad \dots (1), \quad E_{out}(t) = E_{in}(t) - j\sqrt{\frac{2}{\tau_e}} a(t) \quad \dots (2)$$

식(2), (3)에서 a(t)는 Si-MRM ring resonator의 energy amplitude, ω_r 은 resonance angular frequency이다. τ 는 ring의 loss와 관련된 time constant로, $\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_e} + \frac{1}{\tau_l}$ 의 관계식으로 구할 수 있다. 이 때, τ_l 은 round-trip loss로 인해 발생하는 time constant로 ring의 radius에 따라 달라지며, τ_e 는 coupling으로 인해 발생하는 time constant로 coupling gap에 따라 달라진다.

그림 2(a)는 이 연구에서 목표로 하는 NRZ signal에 대해 최적의 구조를 찾고자 제작한 Si-RM 들을 포함하는 칩 사진이며, 그림 2(b)는 그 중 하나를 보여주는 사진이다. 그림 2(a)의 칩은 PIC 제작 업체인 IHP의 공정을 이용하여 제작되었다. 각 Si-RM의 따른 τ_l , τ_e , 그리고 effective refractive index n_{eff} 를 추출하기 위하여 그림 2(c)와 같이 input 광의 wavelength에 따른 transmission curve를 실험으로 구하였고, [2]와 같은 방식으로 coupled-mode theory 기반 fitting technique을 사용하여 각 parameter들을 추출하였다.

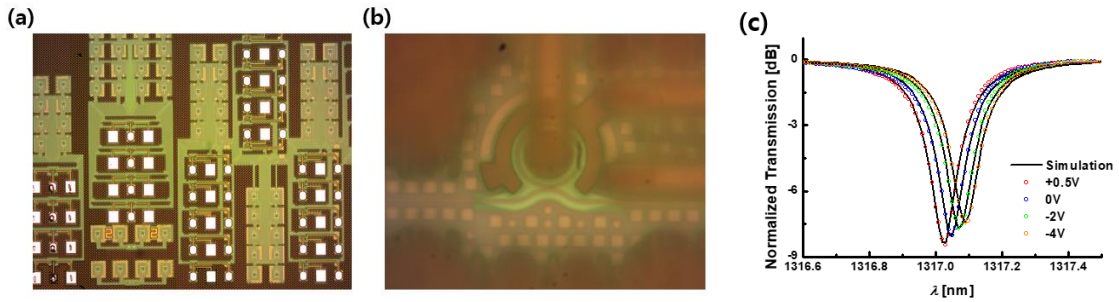


그림 2(a) 최적화에 사용된 Si-RM 칩 사진, (b) 여러 Si-RM 중 하나를 찍은 사진, (c) τ_l , τ_e , 그리고 n_{eff} 를 추출하기 위한 transmission curve 실험 결과와 fitting 결과

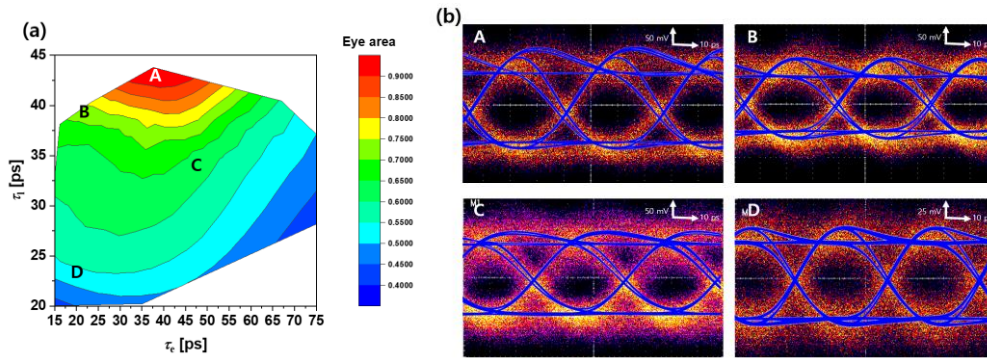


그림 3(a) τ_l 과 τ_e 에 따른 eye diagram의 eye area, (b) 그림 3(a)의 각 위치에서 eye diagram의 simulation 결과와 실험 결과

그림 3(a)는 각 Si-RM의 성능을 알아보기 위해 추출한 parameter들을 이용하여 coupled-mode theory를 수치적으로 풀 후 eye diagram을 만들고, 각 eye의 넓이를 normalize하여 DC voltage에서의 τ_l 과 τ_e 에 따라 contour map으로 나타낸 그림이다. Simulation 시, input 광의 angular frequency ω 와 resonance angular frequency ω_r 의 차이는 Optical Modulation Amplitude(OMA)를 최대화하는 $1/\sqrt{3}\tau$ 로 설정하였다. [4] 또한 Simulation 결과를 실제 실험 결과와 가깝게 만들기 위하여 [3]에 나와있는 Si-RM의 전기적 parameter들을 고려하였고, 실험에 사용한 Optical receiver와 Oscilloscope의 영향 또한 고려하였다.

그림 3(b)은 그림 3(a)의 각 위치에서 eye diagram의 simulation 결과와 실험 결과를 보여주고 있다. 그림 3(b)를 살펴보면, simulation 결과와 실험 결과가 일치함을 알 수 있다. 또한, 각 위치에서의 eye diagram을 봤을 때, eye의 넓이가 가장 작았던 D 지점의 경우 실험 결과 역시 eye의 크기가 가장 작음을 알 수 있고, eye의 넓이가 가장 컸던 A 지점의 경우 다른 지점의 eye 보다 넓고 깔끔하다는 사실을 알 수 있다. A 지점의 Si-RM은 12-um radius, 300-nm coupling gap, 그리고 400-nm waveguide를 가지는 Si-RM에 해당된다.

본 연구는 산업통상자원부[Project No. 10065666]의 지원을 받아 수행되었다.

참고문헌

[1] G. T. Reed et al., “Silicon optical modulators,” Nature Photon. 4, 518–526, 2010
 [2] J. Rhim et al., “Verilog-A behavioral model for resonance-modulated silicon micro ring modulator,” OPTICS EXPRESS, vol. 23, no. 7, pp. 8762–8772, 2015
 [3] M. Shin et al., “A Linear Equivalent Circuit Model for Depletion-Type Silicon Microring Modulators,” IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 64, no. 3, pp. 1140–1145, 2017
 [4] S. Karimelahi et al., “Ring modulator small-signal response analysis based on pole-zero representation,” OPTICS EXPRESS, vol. 24, no. 7, pp. 7585–7599 2016