

# 2018 PHOTONICS CONFERENCE

**November 28 (Wed) ~ 30 (Fri), 2018**

**Alpensia Resort, Pyeongchang, Korea (평창 알펜시아 리조트)**

#### Paper submission

September 21(Fri) ~ October 29 (Mon), 2018

#### Pre-registration

September 21(Fri) ~ November 9 (Fri), 2018

#### 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

11월 28일 (수)

시간/장소	평창홀1 (A)	평창홀2 (B)	평창홀3 (C)	루지 (D)
13:00~18:00	등 록 (로비)			
14:00~15:30	광통신 및 광네트워크 I 좌장: 성혁기(홍익대)	광소자 I 좌장: 김현수(ETRI)	바이오포토닉스 I 좌장: 김봉규(ETRI)	광섬유/재료 I 좌장: 구준희(GIST)
	W1A-I	W1B-II	W1C-VI	W1D-IV
15:30~15:45	Coffee Break			
15:45~17:15	광통신 및 광네트워크 II 좌장: 김준영(ETRI)	광소자 II 좌장: 정일석(UNIST)	디스플레이/LED/ 태양전지 I 좌장: 류우찬(부경대)	광섬유 광학 특별세션 (김병윤 교수님 은퇴 기념) 좌장: 송광용(중앙대)
	W2A-I	W2B-II	W2C-III	W2D
17:15~18:30	Poster Session I (로비)			
	WP			

평창홀 1 14:00~15:30

## 광통신 및 광네트워크 I

좌장 : 성혁기(홍익대)

- W1A-I-1 5세대 이동통신용 분산 안테나 시스템 구현을 위한 광대역 RoF 광트랜시버 기술(초청논문), 김준영(한국전자통신연구원) 외
- W1A-I-2 400G 광트랜시버 응용을 위한 반도체 레이저와 편광 광도파로의 직접 광결합에서 UV Epoxy 삽입에 의한 효과 분석, 이정찬(한국전자통신연구원(ETRI)) 외
- W1A-I-3 단일 파장 OFDMA 상향 광링크에서의 광 비트 간섭 잡음 억제 기법, 박형준(연세대) 외
- W1A-I-4 코히어런트 송수신기와 크래머스-크로닉 송수신기의 소모 전력 비교, Tianwai Bo(KAIST) 외
- W1A-I-5 IMD Mitigation Technique by Using Spectral Power Redistribution in Multi-FoF System, 하인호(연세대) 외

평창홀 1 15:45~17:15

## 광통신 및 광네트워크 II

좌장 : 김준영(ETRI)

- W2A-I-1 유무선 서비스를 위한 차세대 광액세스 기술 연구 및 국제 표준화(초청논문), 이한협(한국전자통신연구원) 외
- W2A-I-2 무선 광통신 시스템에서 도달 범위각 오차 및 조준 오차의 영향을 완화시키는 적응적 빔 제어 기술, Vuong Mai(한국과학기술원) 외
- W2A-I-3 인공위성 무선광통신에서 APC-EDFA 기반에 의한 Scintillation Mitigation 완화 기법, 홍연청(연세대) 외
- W2A-I-4 신틸레이션과 빛살 원더링 효과가 고려된 무선 광통신 시스템의 가용성 분석, Vuong Mai(KAIST) 외

평창홀 2 14:00~15:30

## 광소자 I

좌장 : 김현수(ETRI)

- W1B-II-1 Silicon-On-Chip Lasers and Detectors for Communications and Sensing(초청논문), 정일석(울산과학기술원)
- W1B-II-2 온도 의존성 parameter를 활용한 975 nm 고출력 레이저 다이오드의 정확한 Simulation, 양정택(연세대) 외
- W1B-II-3 Towards lower thresholds and better lasing properties of optically pumped ZnO-based random lasers, Vantari Siva(Gwangju Institute of Science and Technology) 외
- W1B-II-4 InP 이득칩과 폴리머기반 도파로 회절격자를 이용한 60 mW 급 외부공진기형 파장가변레이저, 김동철(한국전자통신연구원)
- W1B-II-5 고출력 LD-bar의 마이크로 열원 분석 및 열병목 개선, 용현중(인하대) 외

평창홀 2 15:45~17:15

## 광소자 II

좌장 : 정일석(UNIST)

- W2B-II-1 고분해능 SWIR 대역 영상 검출기 개발(초청논문), 김영호(아이쓰리시스템(주)) 외
- W2B-II-2 링 필터 기반 2-채널 WDM Si Electronic-Photonic Integrated Circuit 수신기, 김현규(연세대) 외
- W2B-II-3 1.3um 대역 25 Gbps Silicon Micro-Ring Modulator의 Parametric Optimization, 성민혁(연세대) 외
- W2B-II-4 Depletion-Type Si Ring Modulators의 Modulation Linearity Analysis, 조영관(연세대) 외
- W2B-II-5 폴리머 광도파로를 이용한 광전류센서의 바이어스 프리 구동을 위한 초기화 방법, 김성문(부산대) 외

평창홀 3 14:00~15:30

## 바이오포토닉스 I

좌장 : 김봉규(ETRI)

- W1C-VI-1 구조조명을 이용한 배열변화 없는 표면형상 측정방법(초청논문), 이병하(광주과학기술원) 외
- W1C-VI-2 Focusing of light energy inside a scattering medium by controlling the time-gated multiple light scattering(초청논문), 이예령(IBS/고려대)
- W1C-VI-3 암세포표적 다기능 산화 그래핀의 다광자형광 및 광열 특성연구, 전승원(부산대) 외

평창홀 3 15:45~17:15

## 디스플레이/LED/태양전지 I

좌장 : 류우찬(부경대)

- W2C-III-1 Optimization of Perovskite Solar Cell Architecture for Indoor Light Energy Harvesting(초청논문), 김중현(아주대)
- W2C-III-2 The Role of Hydrogne from ALD-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> deposition for pure sulphide Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> surface passivation(초청논문), 박종성(녹색에너지연구원)
- W2C-III-3 비가간섭층의 광학적 영향을 고려한 CIGS (Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>) 태양전지의 유한요소법 기반 광전자 수치 해석 모델, 박준범(경희대) 외

루지 14:00~15:30

## 광섬유/재료 I

좌장 : 구준회(GIST)

- W1D-IV-1 특수 광섬유의 현황 및 그의 응용(초청논문), 김재선(대한광통신(주))
- W1D-IV-2 Rare-earth doped SiO<sub>2</sub> 파우더의 pre-sintering 조건에 따른 유리화 결과, 황찬호(대한광통신(주)) 외
- W1D-IV-3 PER 특성이 향상된 자이로용 편광유지 광섬유 제작, 한재원(대한광통신주식회사) 외
- W1D-IV-4 광섬유 분포형센서의 성능향상과 응용(초청논문), 이관일(한국과학기술연구원) 외

루지 15:45~17:15

## 광섬유 광학 특별세션

좌장 : 송광용(중앙대)

- W2D-1 모드 분할 다중 광전송(초청논문), 정순혁(한국전자통신연구원) 외
- W2D-2 다중모드 광섬유를 이용한 양자포토닉스(초청논문), 박희수(한국표준과학연구원)
- W2D-3 저차원물질 기반 광섬유 소자 및 레이저 연구(초청논문), 염동일(아주대)
- W2D-4 파이버프로의 광섬유 센서 사업 현황(초청논문), 고연원(파이버프로)

로비 17:15~18:30

## Poster Session I



링 필터 기반 2-채널 WDM Si Electronic-Photonic Integrated Circuit 수신기

김현규\*, 정현용, 김민규, Christian Mai<sup>1</sup>, Stefan Lischke<sup>1</sup>, Lars Zimmermann<sup>1</sup>, 최우영  
 연세대학교 전기전자공학과  
<sup>1</sup>IHP, Germany

We present a 2-channel WDM Si Electronic-Photonics Integrated Circuit (EPIC) receiver containing Si ring-resonator filters, Ge-photodetectors, and receiver circuits, all of which are monolithically integrated on a Si wafer. We show ring-resonator filter characteristics and the receiver eye diagram.

최근 데이터 센터 응용 서비스의 급격한 확장으로 인해 데이터 센터가 필요로 하는 고속 interconnect의 대역폭 요구량이 지속적으로 증가하고 있으며, 이러한 요구를 충족시키기 위해 단거리, high-bandwidth interconnect 분야에서 Si photonics 기술을 응용하려는 시도가 늘어나고 있다. [1], 이를 위해 이제까지 long-haul networking에 주로 사용되어 왔던 WDM 기술을 optical interconnect에 적용하려는 연구 개발이 활발히 진행되고 있다 [2]. WDM demultiplexer를 구현하는 방식 중 하나인 링 필터는 기존의 WDM demultiplexer에 비해 면적이 작기 때문에 단일 칩에 집적할 시에 비용 측면에서 큰 장점을 가질 수 있다. 본 연구에서는 IHP Photonic BiCMOS 공정을 통해 단일 칩으로 제작된 링 필터 기반 2채널 WDM Si Electronic-Photonic Integrated Circuit (EPIC) 수신기를 소개한다.

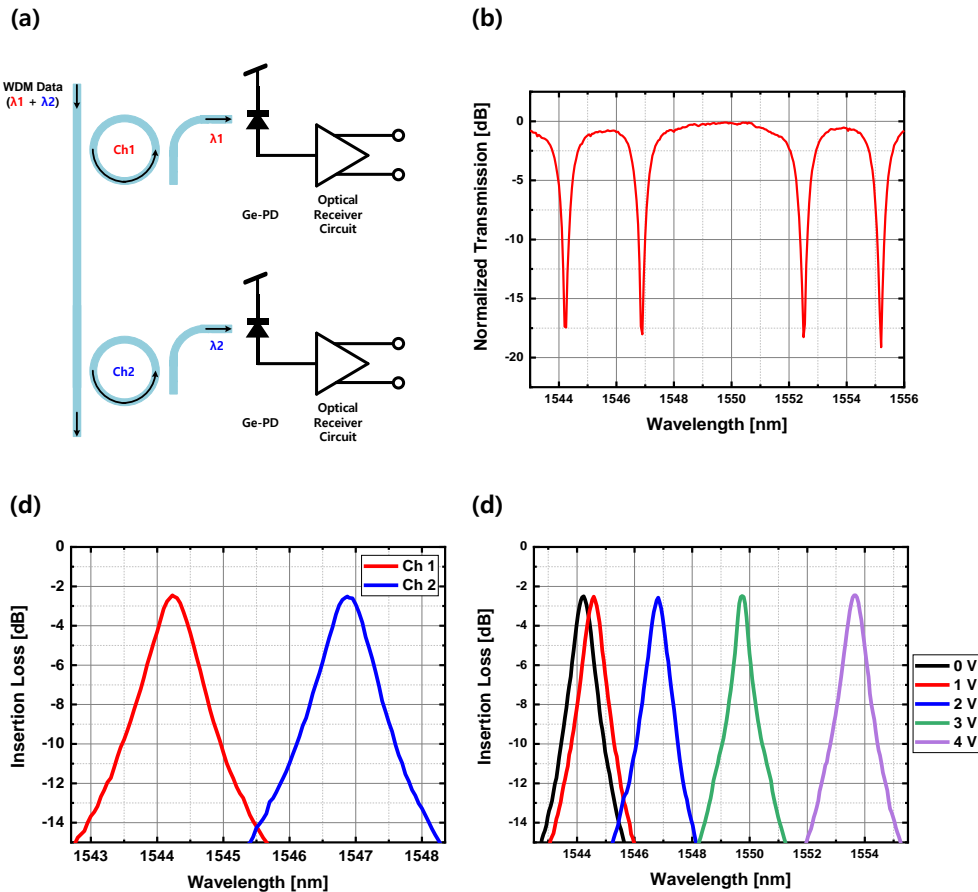


그림 1. (a) 설계한 링 필터의 구조. (b) 링 필터의 Through port 투과 특성. (c) 링 필터의 Drop port insertion loss. (d) 링 필터의 히터 전압에 따른 공진 파장 변화.

그림 1. (a)는 본 연구에 사용된 2-channel add-drop type 링 공진기를 활용한 2-channel WDM 수신기의 구조를 보여준다. WDM demultiplexer로 사용한 링 필터의 공진 파장은 같은 resonant mode number에서 각각 1544.23 nm, 1546.88 nm이고, FSR은 각각 8.26 nm, 8.3 nm이다. 그림 1. (b)는 2채널 링 필터의 through port 투과 특성을, 그림 1. (c)는 각 채널 링 필터의 insertion loss를 보여준다.

링 필터는 기존의 WDM demultiplexer에 비해 면적이 작다는 이점이 있지만 온도에 의해 공진 파장이 쉽게 변하고, bandwidth가 상대적으로 좁기 때문에 입력 파장이 크게 변할 경우 신호를 복원하기 어려워진다는 단점이 있다. 따라서 원하는 공진 파장을 설정하고 유지하기 위해선 외부에서 온도를 컨트롤 할 수 있는 내장형 히터가 필요하다. 본 연구에서 구현된 링 필터는 FSR 전체를 튜닝할 수 있도록 도파로에 N-type Si으로 구성된 저항 히터가 내장되어 있다. 이 반도체 히터는 약 4 V를 인가하였을 때 8.92nm만큼 공진 파장을 변화 시키며, 그림 1. (d)는 히터에 인가하는 전압을 변화시켰을 때 공진 파장이 변화하는 것을 보여준다.

링 필터의 drop port에는 광 수신기가 연결되어 있다. 이 광수신기는 Ge-PD, Transimpedance Amplifier(TIA), Single-to-Differential Converter(SDC) 그리고 Post Amplifier(PA)로 구성되어 있다. 이 수신기 회로의 gain은 62 dB이고, 3-dB bandwidth는 17 GHz이다. 그림 3. (a)는 IHP photonic BiCMOS 공정을 이용해 구현한 전체 칩의 microphotograph이다. 그림 3. (b)와 그림 3. (c)는 상용 MZM을 이용해 채널 1 링 필터의 공진 파장에서 변조시킨 광 데이터를 이용해 측정한 eye diagram이다.

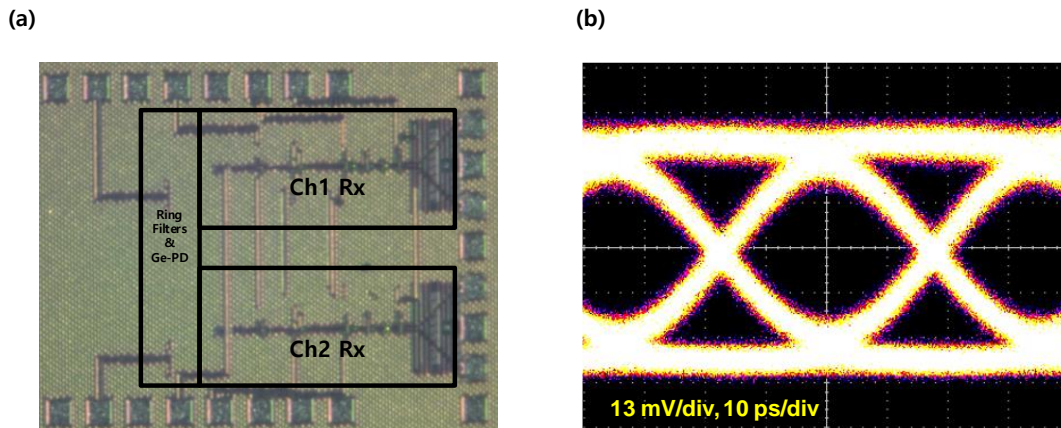


그림 3. (a) Chip microphotograph (b) 25 Gb/s,  $2^{31}-1$  PRBS 광 데이터에 대한 eye diagram.

이 논문에서 target wavelength와 channel spacing을 고려한 링 필터를 설계하는 방법을 토대로 구현한 단일 칩 집적 WDM 수신기가 성공적으로 동작함을 확인할 수 있다. 이 수신기는 채널의 확장 가능성 및 전체 동작 성능을 고려하였을 때 고속 interconnect의 다양한 응용 분야에 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 산업통상자원부 [Project No. 10065666]의 지원을 받아 수행되었으며, 설계에 사용된 EDA tool을 지원해준 IDEC(반도체설계교육센터)에 감사의 말을 전한다.

Reference

[1] A. Ghiasi, "Large data centers interconnect bottleneck," *Optics Express*, vol. 23, pp. 2085 - 2090, 2015.  
 [2] R. Nagarajan *et al.*, "Silicon photonics-based 100 Gbit/s, PAM4, DWDM data center interconnects," *Journal of Optical Communications and Networking*, vol. 10, pp. B25-B36, Jan. 2018.