

# 2017 PHOTONICS CONFERENCE

**November 8 (Wed.) ~ 10 (Fri.) 2017**  
**Oriental Hotel, Jeju, Korea (제주 오리엔탈 호텔)**

**Paper submission**

September 1 (Fri.) ~ October 13 (Fri.)

**Pre-registration**

September 1 (Fri.) ~ October 23 (Mon.)

**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 Seoul Section Chapter  
SPIE / Korea Chapter







11월 9일 (목)

시간/장소	한라홀1 (A)	한라홀2 (B)	입출홀 (C)	사라홀1 (D)	사라홀2 (E)
08:00~18:00	등 록 (로비)				
09:00~10:30	광소자Ⅱ (통신 및 광소스Ⅰ) 좌장: 송영민(GIST)	고출력 광섬유 레이저 좌장: 염동일(아주대)	바이오포토닉스Ⅰ 좌장: 김봉규(ETRI)	홀로그래피Ⅰ 좌장: 윤선규(KOPTI)	광통신 및 광네트워크Ⅲ 좌장: 김성만(경성대)
	T1A-Ⅱ	T1B-Ⅳ	T1C-Ⅳ	T1D-Ⅴ	T1E-Ⅰ
10:30~10:45	Coffee Break				
10:45~12:15	테라헤르츠Ⅱ 좌장: 이일민(ETRI)	광섬유 레이저 및 재료 좌장: 정윤찬(서울대)	디스플레이/LED/ 태양전지[Ⅱ] (광전 및 광탄성 소자) 좌장: 신명훈(한국항공대)	광소자Ⅲ (통신 및 광소스Ⅱ) 좌장: 송민협(ETRI)	광통신 및 광네트워크Ⅳ 좌장: 원용욱(명지대)
	T2A-Ⅱ	T2B-Ⅳ	T2C-Ⅲ	T2D-Ⅱ	T2E-Ⅰ
12:15~13:15	Lunch				
13:15~14:15	Tutorial I (한라홀1) 좌장: 김철한(서울시립대)		Tutorial II (한라홀2) 좌장: 송용원(KIST)		TutorialⅢ (입출홀) 좌장: 김상인(아주대)
	발표자: 김 훈(KAIST) 데이터센터용 위한 광통신 기술		발표자: 김명기(고려대) Nanophotonic Engineering		발표자: 김용수(KIST) Quantum Information Processing and Roles of Photonics
14:15~14:30	Coffee Break				
14:30~14:45	Plenary Session (한라홀) 환영사: 전민용(PC2017 조직위원장) 축사: 한재원(한국광학회장) 사회: 이상신(PC2017 프로그램위원장)				
14:45~15:35	Plenary I 좌장: 현경숙(세종대)		연사: 장 진(경희대) 주제: Displays based on light emitting diodes		
15:35~16:25	Plenary II 좌장: 원용욱(명지대)		연사: 한상국(연세대) 주제: Li-Fi challenge to light speed wireless		
16:25~17:15	PlenaryⅢ 좌장: 송광용(중앙대)		연사: Seok-Hyun Yun(Harvard Medical School) 주제: Light, medicine, and optical fibers		
17:15~18:30	Poster SessionⅡ (로비)				
	TP				
18:30~	Reception (한라홀)				

# 11월9일(목) - Overview

한라홀 1 09:00~10:30

## 광소자 II

좌장 : 송영민(GIST)

- T1A-II-1 마이크로웨이브 포토닉스 기반 장거리 무선망 내 다자간 보안통신기술 (초청논문), 송민협(ETRI) 외
- T1A-II-2 Semiconductor gradient index microcavity for photonic laser sources(초청논문), 최무현(경북대) 외
- T1A-II-3 Modulation performance optimization of 40-Gbps Si micro-ring modulators, 김영현(연세대) 외
- T1A-II-4 고출력 레이저 다이오드에서 Thermal lensing이 Far field에 미치는 영향, 양정택(연세대) 외

한라홀 1 10:45~12:15

## 테라헤르츠 II

좌장 : 오승재(연세대)

- T2A-II-1 광소자 기반의 테라헤르츠 비파괴 측정 시스템 개발(초청논문), 이의수(ETRI) 외
- T2A-II-2 능동형 테라헤르츠 메타물질과 응용기술(초청논문), 이호진(숭실대) 외
- T2A-II-3 나노구조 기반 테라헤르츠 검출용 포토믹서, 문기원(ETRI) 외
- T2A-II-4 포토믹싱 기반 10 Gbps 테라헤르츠 무선 통신 기술, 김현수(ETRI) 외

한라홀 2 09:00~10:30

## 고출력 광섬유 레이저

좌장 : 영동일(아주대)

- T1B-IV-1 50W급 펄스 광섬유 레이저(초청논문), 서홍석(ETRI) 외
- T1B-IV-2 파장제어 빔결합 고출력 광섬유 레이저(초청논문), 이정현(ADD) 외
- T1B-IV-3 GHz 선폭의 협대역 고출력 편광유지 광섬유 레이저(초청논문), 전창수(GIST) 외

한라홀 2 10:45~12:15

## 광섬유 레이저 및 재료

좌장 : 정윤천(서울대)

- T2B-IV-1 2차원 물질 기반 포화흡수체를 이용한 광섬유 펄스 레이저(초청논문), 구준화(GIST) 외
- T2B-IV-2 산화철 기반 포화흡수체를 이용한 수동형 Q-스위칭 이터븀 첨가 광섬유 레이저 구현에 관한 연구, 이진호(서울시립대) 외
- T2B-IV-3 클래딩 에칭 광섬유 기반의 음향 광학 변조기를 이용한 능동형 모드 잠금 레이저, 김지현(서울시립대) 외
- T2B-IV-4 국내 광섬유 제조 관련 기술 개발 동향(초청논문), 김윤현(KOPTI)

일출홀 09:00~10:30

## 바이오포토닉스 I

좌장 : 김봉규(ETRI)

- T1C-IV-1 Next generation intravascular OCT in clinical practice(초청논문), 하진용(세종대)
- T1C-IV-2 20-nm resolution optical imaging of brain via iterative expansion microscopy (iExM)(초청논문), 장재범(성균관대)
- T1C-IV-3 편광민감 광결맞음 단층영상 기법을 이용한 정량적인 모조진주 감별방법, 이재휘(GIST) 외

일출홀 10:45~12:15

## 디스플레이/LED/태양전지 II

좌장 : 신명훈(한국항공대)

- T2C-II-1 Programmable Adaptive Materials via Liquid Crystalline Elastomers (초청논문), 안성근(부산대)
- T2C-II-2 Point dipole model을 이용한 전연발광 OLED의 광학 모드 계산 및 광도파로 모드 공간분포 분석, 김지용(경희대) 외
- T2C-II-3 Enhanced light emission from micro light-emitting diodes using SiOx-based glass electrode, 손경택(고려대) 외
- T2C-II-4 GaN 기반 p-i-n 구조 내 준-사중화합물 장벽을 이용 압축분극 감소를 통한 광전효과 증대 연구, 박병권(충남대) 외

사라홀 1 09:00~10:30

## 홀로그래피 I

좌장 : 윤선규(KOPTI)

- T1D-V-1 홀로그래피 테이블탑형 디스플레이에서의 홀로그램 생성 광학계 (초청논문), 홍기훈(ETRI) 외
- T1D-V-2 Method for depth measurement using depth of field imaging of retroreflective structure, 최성태(경희대) 외
- T1D-V-3 광 스캐닝 홀로그래피를 이용한 실제 크기 물체의 스페클 노이즈 없는 복소수 홀로그램 획득, 이은준(세종대) 외

사라홀 1 10:45~12:15

## 광소자 III

좌장 : 송민협(ETRI)

- T2D-II-1 5G 모바일 프론트홀과 광소자 기술(초청논문), 홍승주(에스케이텔레콤(주)) 외
- T2D-II-2 5G front-haul 광 링크를 위한 광 부품 기술(초청논문), 권오균(ETRI) 외
- T2D-II-3 코히어런트 광 통신을 위한 반도체 이득 및 폴리머 도파로 회절 격자 파장 가변 레이저(초청논문), 김동철(ETRI) 외

사라홀 2 09:00~10:30

## 광통신 및 광네트워크 III

좌장 : 김성만(경성대)

- T1E-I-1 초고속 광전송 시스템 구현을 위한 3차원 광변조 및 적응제거 기술연구 (초청논문), 원용욱(명지대)
- T1E-I-2 초고속 광통신 기술 환경에서의 기계학습 기술의 활용 및 응용(초청논문), 윤상민(국민대)
- T1E-I-3 직접 변조 레이저로 구현된 아날로그 광전송 링크에서 발생한 분산 유도 2차 비선형 왜곡을 보상하는 블라인드 DSP 기법, 김병곤(KAIST) 외
- T1E-I-4 다중 레이저를 활용한 무선양자암호통신 시스템의 보안 취약성, 고해신(ETRI) 외
- T1E-I-5 광 수신기를 이용한 광 신호, Budsuren Batsuren(광운대) 외

사라홀 2 10:45~12:15

## 광통신 및 광네트워크 IV

좌장 : 원용욱(명지대)

- T2E-I-1 광 빔포밍 기법을 활용한 무선 가시광 통신기술(초청논문), 김성만(경성대)
- T2E-I-2 시변 광 채널에서의 신호 수신을 위한 적응형 창 설정 기반 임계값 설정 기법, 이준우(연세대) 외
- T2E-I-3 디지털 광학 공역 기술을 활용한 모드 분할 다중화 전송 시스템, 배성현(KAIST) 외
- T2E-I-4 레이저를 이용한 광 무선송신기술의 효율향상, 이동훈(경성대) 외
- T2E-I-5 Kramers-Kronig Receiver Without Digital Upsampling, Tianwa Bo(KAIST) 외

포티 17:15~18:30

## Poster Session II



학술발표 T1A-II

광소자 II

09:00~10:30

좌장 : 송영민(GST)

09:00(초청논문)

T1A-II-1 마이크로웨이브 포토닉스 기반 장거리 무선망 내 다자간 보안통신기술

\*송민협, 김성일, 심재식, 안준태, 송민제, 박정민(ETRI)

Encoded wireless communication in long range have been significantly investigated over the last decades. In order to realize security wireless wideband data transmission, here we apply microwave photonics amplitude/phase filtering technique based on optical frequency comb.

09:30(초청논문)

T1A-II-2 Semiconductor gradient index microcavity for photonic laser sources

\*최무현, 김인보, 조진항, 박상준, 이용훈(경북대)

We have proposed a new methodology based on transformation optics to manipulate mode properties of dielectric cavity such as directionality, chirality of resonance modes while maintaining High-Q values. The spatially varying refractive index profile for the microcavities based on the proposed design scheme can be implemented by drilling subwavelength-scale air holes in a dielectric slab. The new kinds of microcavities with gradient index profile scheme will open a new horizon of application beyond the conventional microcavity laser diodes.

10:00

T1A-II-3 Modulation performance optimization of 40-Gbps Si micro-ring modulators

\*김영현, 유병민, 조영관, 김만규, 최우영(연세대)

We present the results of the modulation performance optimization for the depletion-type Si micro-ring modulator. With analyses based on TCAD simulations and the coupled-mode theory, the optimal device geometry for obtaining the largest optical modulation amplitude for 40-Gbps operation is determined.

10:15

T1A-II-4 고출력 레이저 다이오드에서 Thermal lensing이 Far field에 끼치는 영향

양정택, 김영현, \*최우영(연세대)

We investigate the far field blooming due to thermal lensing in a high-power laser diode with TCAD-based self-consistent electro-thermal-optical simulation. We found that thermal lensing induces more higher-order guided modes and broadens the beam profile of each mode, both of which cause the broadening of the far-field profile.

학술발표 T2A-II

테라헤르츠 II

10:45~12:15

좌장 : 오승재(연세대)

10:45(초청논문)

T2A-II-1 광소자 기반의 테라헤르츠 비파괴 측정 시스템 개발

이의수, 이일민, 문기원, 김현수, 한상필, 박정우, 박동우, 최경선, \*박경현(ETRI)

Optics-based terahertz nondestructive evaluation system are developed, which consisted of the semiconductor optical amplifier (SOA)-integrated dual-mode lasers/dual-wavelength lasers (DML/DWL), photomixer (UTC-PD), schottky-barrier diode, controller/digital signal processing boards, and battery. With the developed system, we are trying to apply in various industry field for non-destructive evaluation.

11:15(초청논문)

T2A-II-2 능동형 테라헤르츠 메타물질과 응용기술

\*이호진, 정현승, 유건목(숭실대), 허준석(아주대), 강문성, 이원우, 구재목(숭실대)

Active terahertz metamaterials have received extensive attention in controlling electromagnetic properties in terahertz regime. To achieve broadband frequency-tunable active metamaterial systems, we proposed actively tunable H-shaped meta-atom clusters. In our study, we found that the meta-atom cluster could tune its resonance frequency from 1.3 to 0.7 THz by controlling the conductivity of connecting semiconductor bridge between H-shaped meta-atoms.

11:45

T2A-II-3 나노구조 기반 테라헤르츠 검출용 포토믹서

문기원, 이일민, 박동우, 한상필, \*박경현(ETRI)

By manipulating ultrafast photo-conductive processes in a designed nanostructure, we demonstrated a terahertz (THz) photomixer for the detection of continuous-wave THz radiations free from defect-incorporated semiconductors. Up to 2 THz of frequency region, the fabricated device successfully measured THz radiations with much better noise characteristics and carrier collection efficiency.

12:00

T2A-II-4 포토믹싱 기반 10 Gbps 테라헤르츠 무선 통신 기술

김현수, 이의수, 이일민, 이동훈, 박정우, 박동우, 문기원, \*박경현(ETRI)

We developed the monolithically integrated optical beating source and photomixer for CW terahertz source. And we demonstrated 10 Gbps Terahertz wireless communication at 270 GHz by using monolithically integrated optical beating source and UTC-PD.

고출력 레이저 다이오드에서 Thermal lensing이 Far field에 끼치는 영향

양정택, 김영현, 최우연  
연세대학교 전기전자공학부

We investigate the far field blooming due to thermal lensing in a high-power laser diode with TCAD-based self-consistent electro-thermal-optical simulation. We found that thermal lensing induces more higher-order guided modes and broadens the beam profile of each mode, both of which cause the broadening of the far-field profile.

고출력 광섬유 레이저는 군사용, 산업용, 의료용, 통신용 등 다양한 분야에서 응용이 가능하기 때문에 많은 관심을 받고 있다 [1]. 고출력 광섬유 레이저의 구현을 위해서는 펌핑 광원이 매우 중요하다. 반도체 레이저 다이오드(LD)가 양산과 효율 면에서 커다란 장점을 가지고 있다. 하지만 LD에서는 주입 전류에 따른 내부 온도 상승이 LD의 양자 효율을 감소시키며, 코어와 클래딩 영역의 온도 차이 증가에 따른 굴절률 차이 증가로 beam quality가 떨어지게 된다 [1]. 이러한 현상을 thermal lensing effect라고 하는데, 이로 인해 far field profile이 넓어져서 fiber와의 결합 효율을 감소시킨다 [2]. 본 연구에서는 시뮬레이션을 통해 thermal lensing에 의한 고차모드의 추가 발생과 저차 모드의 far field의 넓어짐이 전체 far field에 커다란 영향을 미침을 분석하였다.

연구의 대상 LD는 III-V lab에서 보고한 바 있는 2 mm 공진길이, 100 μm 너비의 mesa 구조, 그리고 8 nm의 InGaAsP/GaAs QW을 갖는 (λ=852 nm) Separate Confinement Heterostructure (SCH) LD이다 [3]. 시뮬레이션은 Crosslight사의 SimuPics3d를 이용하였다. 그림 1. (a)는 모델링한 LD의 단면구조이며 (b)는 각각 III-V lab이 보고한 LD의 L-I 곡선 측정 결과와 시뮬레이션 결과를 보인다. 또한 시뮬레이션을 통해 얻은 레이징 모드 개수도 그림 1(b)에서 볼 수 있다. 주입 전류가 5.4 A보다 클 경우, roll over가 발생하기 때문에 전류가 3 A와 5.4 A일 때를 비교군으로 잡았다. 그림 1. (c)는 전류가 3 A일 때의 lateral far field 측정 결과 [3]와 3A, 5.4A 일 때의 시뮬레이션 결과를 보인다.

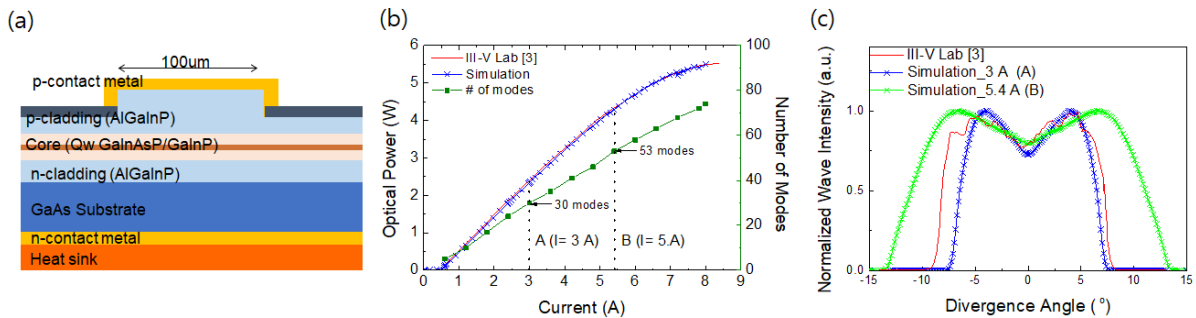


그림 1. (a) LD의 단면구조, (b) L-I 특성의 실험 [3] 그리고 시뮬레이션 결과 및 전류값에 따른 레이징 모드 수 (c) Lateral far field의 측정 [3] 그리고 시뮬레이션 결과

그림 2. (a)와 (b)는 LD에 각각 3 A, 5.4 A의 전류를 흘려주었을 때의 온도와 굴절률 분포를 LD의 중심을 기준으로 옆으로의 거리에 따라 보이고 있다. 전류가 증가함에 따라 전체적인 온도, 굴절률 크기뿐 아니라 각각의 차이 또한 증가함을 알 수 있는데, 특히 굴절률의 분포가 core 중앙에서부터 곡선으로 떨어지는 graded index (GRIN)의 형태를 띠고 있음을 확인할 수 있다. 그림 3. (a)는 각

전류에 따른 처음 5번째 모드까지의 near field와 far field를 보이고 있는데, GRIN효과가 증가함에 따라 5.4 A의 전류가 주입될 때 near field의 edge의 intensity 상대적으로 커지고 far field에서는 상대적으로 감소함을 확인할 수 있다. 그리고 thermal lensing 효과가 커짐에 따라 near field의 폭은 줄고 far field는 넓어짐을 확인할 수 있다. 그림 3. (b)는 각 전류에서의 전체 far-field와 3 A에서 발생하는 모드 수 (30개) 만큼만을 고려한 5.4 A에서의 far field를 보이고 있다. 각 모드의 far field 폭의 증가가 전체 far field profile에 큰 영향을 끼치고 있음을 알 수 있다.

본 연구는 LD에서 전류가 증가함에 따라 thermal lensing의 영향이 커지며 그에 따른 LD의 lateral guiding 형태의 변화 그리고 near field와 far field profile의 변화를 심층적으로 분석하였다. 특히 고차모드의 생성뿐만 아니라 모드 자체의 far field 폭의 증가가 전체적인 far field profile에 영향을 미침을 정량적으로 확인하였다. 본 연구는 ADD 고효율 레이저 특화연구실 과제의 지원(NO. UD160069BD)을 받아 수행되었다.

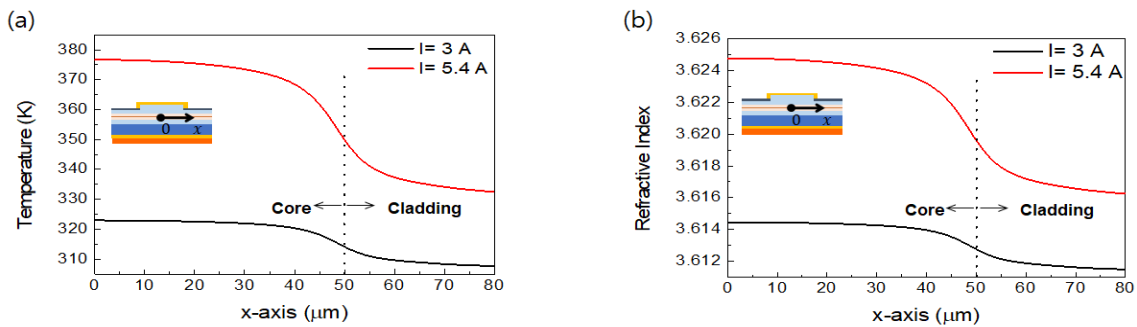


그림 2. LD에 각각 전류가 3 A, 5.4 A 흐를 때의 lateral 방향의 (a) 온도분포, (b) 굴절률분포.

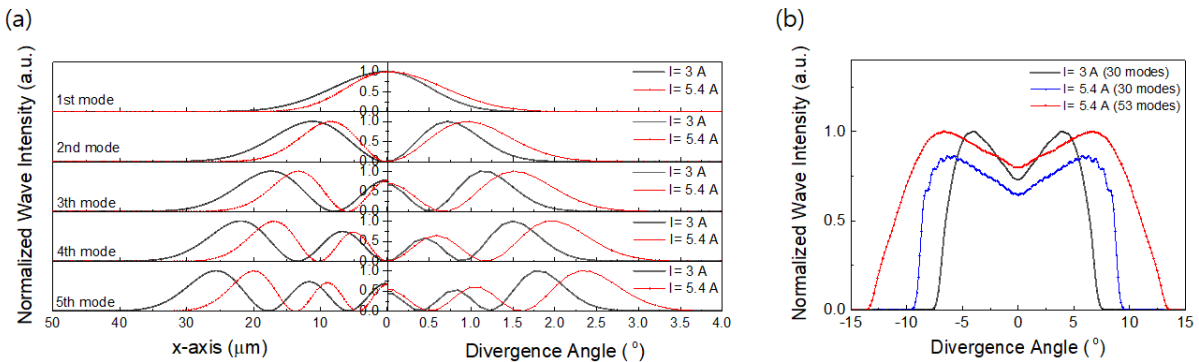


그림 3. LD에 각각 전류가 3 A, 5.4 A 흐를 때 (a) 5번째 모드까지의 near field와 far field, (c) Total far field와 5.4 A일 때 처음 30개 모드의 far field

참고 문헌

- [1] Li Zhong and Xiaoyu Ma *et al.*, "Recent Developments in High Power Semiconductor Diode Lasers," *Optoelectronics - Devices and Applications*
- [2] Joachim Piprek, "Self-Consistent Far-Field Blooming Analysis for High-Power Fabry-Perot Laser Diodes," *SPIE*, Vol. 8619
- [3] F.J Vermersch *et al.*, "High-Power Al-Free Active Region InGaAsP/GaAs ( $\lambda = 852\text{nm}$ ) Laser Diodes For Atomic Clocks and Interferometry Applications," *SPIE*, Vol. 5620