

2011

# Photonics Conference

November 30 (Wed) ~ December 2 (Fri), 2011

Hanwha Phoenix Park, PyeongChang

Photonics Conference 20주년 기념 행사  
"Photonics Fest" 개최

## 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

<http://www.photoconf.org>

Program

Proceeding

Exit



광 주입 반도체 레이저의 이중 루프 변조를  
이용한 높은 억제 spurious tones를 가진 광전 발진기 구현

Optoelectronic Oscillators with Highly-Suppressed Spurious Tones  
Using Dual-Loop Modulation of Injection-Locked Semiconductor Lasers

김재영\*, 조준형, 최우영\*\*, 성혁기

NTT Microsystem Integration Laboratories\*, 홍익대학교 전자전기 공학부

연세대학교 전자전기 공학과\*\*

A dual-loop optoelectronic oscillator (OEO) with optical single-sideband (SSB) modulation is presented based on direct modulation of semiconductor lasers (LDs) under optical injection. The dual-loop configuration achieves low threshold gain for loop oscillation and side mode suppression over 20 dB, simultaneously.

광전 발진기(optoelectronic oscillator)는 높은 주파수 대역(x-band 이상)에서도 매우 낮은 위상잡음 특성을 보여주는 장점으로 인하여 RF 및 광학 영역에서 다양한 응용 분야에 사용될 수 있는 잠재성을 가지고 있다[1]. 광전 발진기의 낮은 위상 잡음 특성은 손실이 적은 광섬유(=high Q factor)를 통과하면서 발생하는 신호의 지연현상에 의하여 가능하다. 하지만, 긴 광섬유 루프가 공진 구조를 형성하면서 만들어지는 spurious tones 발생은 광전 발진기의 성능 향상 한계를 가져 온다. 최근에 위의 한계를 극복 할 수 있는 이중 루프 광전 발진기, 광 주입 광전 발진기가 개발이 되었다[2]. 보고된 기존의 광전 발진기의 구성은 광 신호를 외부 광 변조기에 변조를 시키고 다시 광 변조기에 되먹임(feedback)을 시키는 방법으로 구현된다. 이와 같은 전통적인 방식의 광전 발진기를 구현하기 위해서는 높은 주파수를 생성하기 위해 높은 속도의 광 변조기가 필요하며, 구성된 루프에서의 신호의 손실을 보상하여 발진하게끔 하기 위하여 높은 이득을 가진 전기적 증폭기(>60 dB)가 필요하다는 단점을 가지고 있다. 최근에는 낮은 위상 잡음과 낮은 RF 문턱 이득을 가지는 광전 발진기가 강한 광 주입 기반 반도체 레이저의 공진 효과를 이용하여 실현되었다 [3]. 본 연구에서는 기존의 연구에서 문제가 되었던 광섬유 루프에 의한 캐비티 공진 모드를 억제하기 위하여 듀얼 루프를 구성함으로써 낮은 RF 문턱 이득과 낮은 spurious tones 을 동시에 보여주는 새로운 광전 발진기를 구현 하였다.

그림 1은 제안된 방법으로 구성된 실험 개념도이다. 제안된 새로운 구조에서는 광주입 레이저 사이에는 긴 길이의 광섬유를 배치하고, slave laser의 출력 부분에는 짧은 길이의 광섬유를 배치하여 긴 길이의 루프(>10 km)와 짧은 길이의 루프(~1 km)를 가진 듀얼 루프 공진기를 구성할 수 있게 한다. 이를 통하여 긴 길이의 광섬유에 의한 충분한 신호의 지연을 확보하고, 짧은 길이의 광섬유를 통해서 짧은 광섬유 루프를 통한 공진기 효과로 큰 값의 free spectral range를 확보하여 발진 신호 주변의 spurious tone을 효과적으로 필터링할 수 있게 된다. 그림 2는 단측파대 변조의 유무에 따른 광 스펙트럼이다. 광전 발진기의 공진 증폭과 광 단측파대 변조를 이용하여 일반적인 RF 문턱 이득(~60dB)보다 낮은 RF 문턱 이득(~30dB)으로 루프 발진을 할 수 있다. 변조된 신호는 다시 짧은 광섬유 루프를 통과 하여 광 검출기(photo detector)에 의하여 전기적 신호로 전환된다. 전기적 신호는 높은 Q를 가진 대역 통과 필터(band

pass filter)와 증폭기(RF amplifier)를 통과하여 루프 이득을 보상 받고 다시 강한 광 주입 상태의 반도체 레이저 양쪽 모두 직접 변조를 하여 닫힌 이중 루프를 구성하게 된다. 그림 3은 같은 실험 조건에 대하여 긴 길이의 단일 루프를 통과한 15 GHz 대역의 공진 신호 발생에 관한 RF 스펙트럼이다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 이중 루프를 이용함으로써 side mode(=spurious tone)이 기존의 단일 루프에 비해 20dB 낮아졌다. 본 연구에서는 강한 광주입하의 반도체 레이저의 공진 증폭 현상과 이중 루프 변조를 통한 새로운 형태의 광진 발진기를 제시하였다. 이중 루프 광진 발진기는 기존의 낮은 문턱 이득을 유지하면서 신호 주변의 spurious tone을 효과적으로 억제하여 광진 발진기의 응용분야를 더욱 확대할 수 있다.

### Acknowledgment

이 논문은 본 연구는 2010 년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 2010T100100855) 및 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2011-0009493)을 받아 수행된 기초연구사업임.

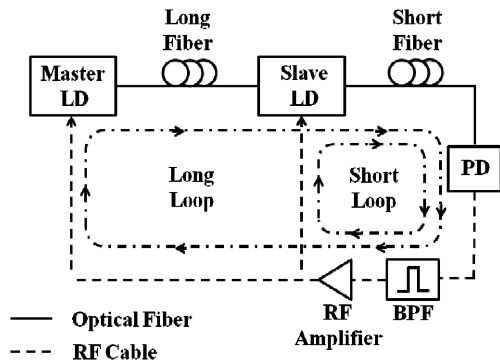


그림 1. 실험 구성도

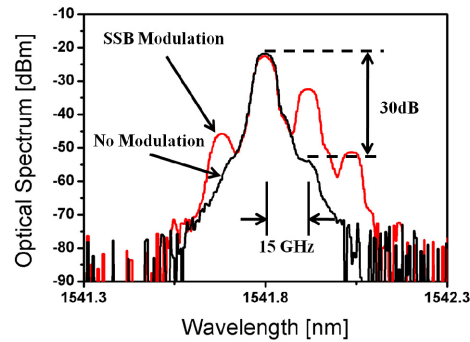


그림 2. 광 주입 레이저를 통한 단측파대 변조 유무에 따른 광학 스펙트럼

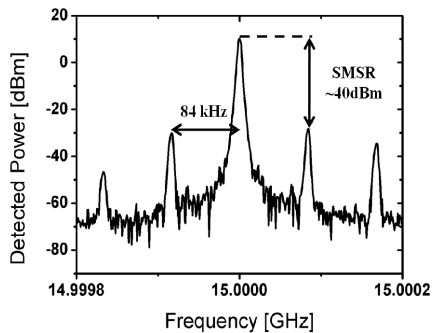


그림 3. 단일 루프 공진기 RF 스펙트럼

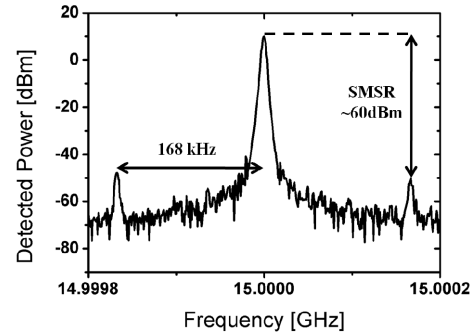


그림 4. 이중 루프 공진기 RF 스펙트럼

### 참고 문헌

- [1] X. S. Yao, et al., *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 32, no. 7, pp. 1141-1149, Jul. 1996.
- [2] X. S. Yao and L. Maleki, vol. 36, no. 1, pp. 79-84, Jan 2000.
- [3] W. Zhou and G. Blasche, *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, vol. 53, no. 3, pp. 929-933, Mar. 2005.
- [4] H. K. Sung, et al., *IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron.*, vol. 15, no. 3, pp. 79-84, May/June. 2009.