

반도체 레이저 Side-mode Injection-Locking 을 이용한
32GHz millimeter-wave 생성
Optical generation of 32GHz millimeter-waves
using side-mode injection-locking of semiconductor lasers.

¹서영광*, ¹최우영, ²김아정
¹연세대학교 전기 및 컴퓨터 공학과
²삼성종합기술원 디지털 통신 Lab.

Abstract

The optical generation of 32GHz millimeter-wave (MMW) signals is demonstrated with side-mode injection-locking of two semiconductor lasers. The stable and pure MMW signals are produced and its dependence on the optical injection power is experimentally investigated.

이동통신 가입자 수의 폭발적인 증가로 인한 기존 microwave대역 전송용량의 포화 상태로, 더 넓은 주파수 대역의 MMW 시스템의 요구가 커져 가고 있다. MMW 기술과 Fiber-Optic 기술과의 접목은, 더 넓은 주파수 대역 제공, 더 많은 전송 용량 및 저 전송 손실이라는 측면에서 큰 장점을 가지고 있다. 기존의 이동통신 분야 이외에, Intelligent Traffic System, Indoor Communication, Remote Antenna, Beam Forming 등과 같은 분야에서도 더 높은 carrier 주파수가 요구되어지면서 MMW 시스템에 대한 관심을 보이고 있다. 또한, MMW신호를 중앙기지에서 광학적으로 생성하는 방법은, 설비의 중앙 집중화를 통한 시스템 구축 비용 절감 등과 같은 경제적인 이득이 있다는 점에서 그 가능성이 크다.

기존의 제안된 광학적인 MMW 생성방법 중의 하나가 side-band injection locking 방법이다 [1,2]. 그림 1과 같이, 한 레이저다이오드 (Master Laser, ML)를 직접 변조시킨다. 직접 변조된 ML은 intensity modulation 뿐만 아니라, frequency modulation을 수반하여, 그림 2-a와 같이 center frequency 주변으로 여러 개의 side-mode를 형성하게 된다. 생성된

side-mode 중 원하는 두 개 target mode를 그림 2-b와 같이 두개의 레이저 다이오드 (Slave Laser, SL)를 이용하여 선택하고, 이 선택된 두개의 mode는 photodetector (PD)에서 beating 되어 원하는 MMW 신호를 얻게 된다. 두개의 SL 중 SLR는 CW로만 출력하여 reference로 동작하고, 다른 레이저다이오드 (SLM)에 전송 정보를 실어주면, PD 출력단에서는 전송 정보가 MMW에 실리게 된다. 여기서, 그림 2-a는 ML를 8GHz rf-source (f_m)로 직접 변조한 경우의 Interferometer의 출력파형이다. 각 peak간의 간격은 인가된 f_m 과 일치한다. 이들 중 center를 중심으로 ± 1 번째 peak들만을 SL에서 선택한 경우의 파형이 그림 2-b이다. 따라서, 그림 2-b의 두 peak의 차이가 사용하는 f_m 의 두배인 16 GHz가 된다.

이러한 방법으로 ± 2 번째 peak를 택하여, f_m 의 네배인 32GHz를 얻은 rf-spectrum이 그림 3에 제시되어 있다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 32 GHz에서 원하는 매우 안정된 MMW 신호가 생성됨을 보인다. 이 때, 선폭 (linewidth) 측정은 사용된 rf-spectrum analyzer의 resolution에 제한을 받는다. Phase noise는 100kHz offset frequency에서 -

94.33dBc/Hz임을 확인하였다. 이 때, ML에 인가되는 rf-source (8GHz)의 phase noise는 100kHz offset frequency에서 -109.17dBc/Hz이다. 또한, 그림 3에서 원하는 MMW 신호 (32 GHz) 주변에 f_m 만큼씩 떨어진 곳에 adjacent satellite peak 들이 존재한다. 원하는 ML의 target mode이외의 residual mode들이 SL의 gain 영역에서 유기하는 Nearly non-degenerated Four-wave Mixing 현상과 연관이 있는 것으로 여겨진다 [3]. 그림 4에서 볼 수 있듯이, 이 현상은 SL로 인가되는 ML 각mode별 optical power 크기에 따라서 달라

지며, 인가되는 ML의 power가 작을수록 adjacent satellite peak의 크기가 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

이상에서, side-mode optical injection-locking방법을 이용한 안정된 MMW 대역의 신호를 광학적으로 발생시킬 수 있음을 실험적으로 살펴보았다.

Reference

- [1] L. Goldberg et al., Elec. Lett.-19(13), 1983.
- [2] R.-P. Braun et al., Elec. Lett.-32(7), 1996.
- [3] J. Troger et al., JQE-35(1), 1999

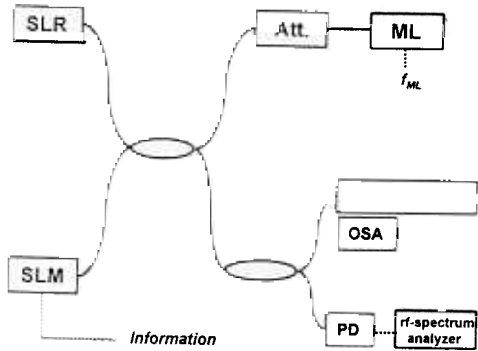


Fig. 1 Basic experimental setup for optical MMW generation. Att. is a variable optical attenuator, and OSA is optical spectrum analyzer.

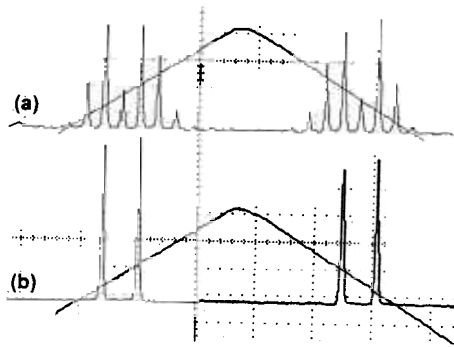


Fig.2 Optical spectra measured in the interferometer when ML is directly modulated at 8 GHz (a), and SLs are locked at two target modes (b).

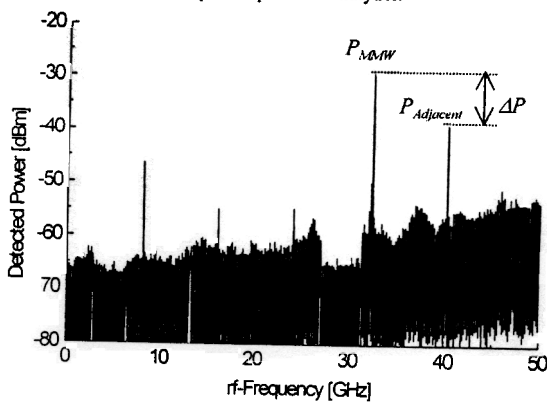


Fig. 3 Photo-generated MMW signals. P_{MMW} is the detected power at MMW signal, and $P_{Adjacent}$ is the power adjacent to MMW signals. Here, $\Delta P = P_{MMW} - P_{Adjacent}$.

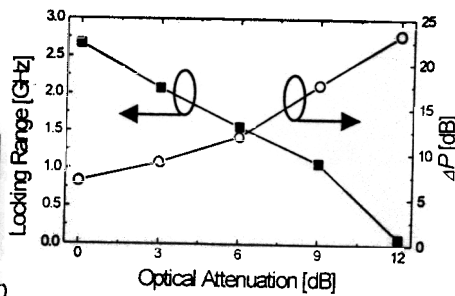


Fig. 4 Dependence of locking range and ΔP on the optical attenuation of ML output power. Here, $\Delta P = P_{MMW} - P_{Adjacent}$.