

Microwave Photonics 분야의 최근 연구 동향

최 우 영

연세대학교 전기·컴퓨터 공학과

wchoi@yonsei.ac.kr

Microwave Photonics (MWP)란 광신호와 (GHz 이상의 고주파수 전기신호 간의 상호작용을 이해하고 이를 응용하는 연구 분야이다. 최근 무선통신과 광통신의 접속, antenna remoting, phased-array antenna 등의 응용 분야에서 MWP 기술에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 본 논문에서는 MWP 기술을 4개의 세부분야로 분류하여 각 세부분야에 대한 간단한 소개를 하고자 한다.

1. 마이크로파/밀리미터파 대역에서 동작하는 광소자에 관한 연구

MWP 기술의 응용을 위해서는 초고속 동작이 가능한 레이저 다이오드, 광변조기, 그리고, 광검출기가 필수적으로 필요하며, 이와 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있다. 최근에 1.5 μm 대역에서 15 GHz까지 직접변조가 가능한 레이저 다이오드가 상용화되었으며 [1], 광변조기의 경우 travelling wave 타입의 GaAs/AlGaAs Mach-Zehnder EO modulator (> 40 GHz) [2] 및 EA modulator(>50 GHz) [3] 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한, 광검출기의 경우, 60 GHz 가량의 bandwidth를 갖는 PIN 광검출기가 상용화 단계에 이르고 있다 [4]. 그러나 이와 같은 초고속 광소자들의 경우 아직 효율성, 비선형성, 잡음, 비용 등의 문제를 내포하고 있어서 더 많은 연구개발을 필요로 한다.

2. Heterodyne 기법을 이용한 마이크로파/밀리미터파 대역의 광신호 생성

마이크로파/밀리미터파 대역의 광신호 전송의 가장 간단한 방법은, intensity 변조된 광신호를 wide bandwidth를 갖는 photo-detector를 이용하여 검출하는 방법 (IMDD)이다. IMDD 방법은 구조가 간단하다는 장점은 있지만, 광소자의 intrinsic 특성에 따라 생성가능 주파수의 한계성을 갖는다. 이러한 한계성을 극복하기 위한 방안으로, 송신단에서 두 개의 주파수를 갖는 광신호를 보내어 수신단의 광검출기에서 생성된 마이크로파/밀리미터파 대역의 beat 신호를 사용하는 heterodyne 방법이 있다. Heterodyne 방법에서는 두 광원의 주파수와 위상간의 correlation이 잘 유지되어야 한다. 이를 위해서, Optical Phase Locked Loop (OPLL), Optical Injection Locking (OIL) 등의 기술이 현재 활발하게 연구되고 있다 [5,6]. Heterodyne 방법은 IMDD 방법과 비교하여 구현이 복잡하다는 단점이 있으나, 사용되는 광소자가 주파수 제약을 받지 않으며 얻을 수 있는 마이크로웨이브 특성이 매우 우수하다는 장점을 가지고 있다.

3. 마이크로파/밀리미터파 대역의 광신호를 이용하는 광섬유 전송 시스템

IMDD 혹은 Heterodyne 방법으로, 수 십 GHz의 광신호를 광섬유를 통해 전송하는 경우에 광섬유의 chromatic dispersion의 영향은 전송거리를 제한하는 요소가 된다 [7]. Dispersion은 IMDD 방법을 사용할 경우 modulation sideband 간의 위상왜곡으로 인한 carrier-to-noise ratio (CNR) penalty를 발생시키며, Heterodyne 방법에서는 전송되는 두 광원 사이의 위상 correlation에 영향을 주어 위상 noise도 유지한다. Dispersion shifted fiber, single side-band (SSB)를 갖는 광신호, suppressed carrier double side-band (SC-DSB) 변조방법 등을 사용함으로써, 광섬유 chromatic dispersion이 시스템 성능에 미치

는 영향을 억제시킬 수 있으며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다.

4. 빛을 이용한 마이크로파 소자의 제어 및 마이크로파 대역 신호처리

MWP 시스템의 효율적인 구현을 위해서는 마이크로파/밀리미터파 신호의 생성 및 검출과 더불어 oscillator, mixer, filter, phase-locker 등과 같은 제반 신호처리 부품들을 필요로 한다. 광파와 마이크로파와의 상호작용을 이용한 광학적인 마이크로파 소자 제어는 [8], amplifier의 gain 조절, oscillator 주파수 tuning 및 변조, 마이크로파 신호 switching, phase shifting 및 감쇄 등 다양한 기능을 수행할 수 있으며, 크기, 전력소모, 그리고 경제성 면에서 기존의 마이크로파 부품의 한계를 극복할 수 있는 한 방안으로 부각되고 있다.

References

- [1] Ortel Corp., Microwave DFB Laser Transmitters Data Sheet, 1995.
- [2] S. R. Sakamoto et al., MWP'99 W-2.2, 1999, pp. 13-16.
- [3] N. Dagli, IEEE MTT-47(7), 1999, pp. 1151-1171.
- [4] Discovery Semiconductor Data Sheet.
- [5] U. Gliese, MWP'98 WB1, 1998, pp. 211-214.
- [6] J. J. O'Reilly et al., "Analogue Optical Fibre Communications", The Institute of Electrical Enginners, London, pp.229-256.
- [7] U. Gliese et al., IEEE MTT-44(10), 1996, pp. 1716-1724.
- [8] A. S. Nagra et al., IEEE MTT-47(7), 1999, pp.1365-1372.