

# 40Gbps 급 도파로형 광수신소자 submodule의 광전변환특성 모델링

전수창, 윤일구

연세대학교 전기전자 공학부

## Modeling of O/E conversion for 40 Gbps WGPD submodule

Su Chang Jeon, Ilgu Yun

Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

**Abstract:** In this paper, the circuit models of optical to electrical(O/E) characteristics of waveguide photodiode(WGPD) submodule are examined. Test structures of WGPD and WGPD submodule were fabricated and S21 parameter was measured to characterize the O/E conversion property. Valid circuit models were derived by RF circuit simulation and O/E characteristics were modeled to analyze the effects of model parameters on the WGPD submodule performances. Based on the results, it can be concluded that the suggested WGPD submodule model can explain the characteristics of the O/E conversion of WGPD submodule, where the parasitic components originated from ribbon bonding block crucially influence on the performance of WGPD submodule, are able to show more efficient property by making compact bonding structure. We propose an effective WGPD submodule bonding structure and it can ensure the 40Gbps operation of WGPD.

**Key Words :** Waveguide photodiode(WGPD), 광전변환 특성(O/E)

### 1. 서 론

최근 들어 초고속 광통신과 대용량 정보의 송/수신 기술 및 수요가 급격히 발전하면서 초고속 광대역 광전송시스템에 사용되어지는 고속 광소자 부품에 대한 개발 필요성이 크게 증대되고 있다. 특히 수십 GHz 이상의 초고주파 영역에서는 수많은 기생소자성분(parasitic component)들로 인해 광소자 부품의 특성을 보장, 예측하기 위한 모델링의 어려움이 많고, 따라서 광전변환 특성의 모델링이 매우 중요한 시점이다. 광 수신소자와 모듈을 회로적으로 정의 할 수 있다면, 앞으로의 기술 개발과 전기적 특성 해석에 매우 용이할 것으로 판단되며, 이에 기존 제작된 40Gbps 도파로형태 광수신기, WGPD,의 광전변환 특성을 모델링하여 1.55um 장파장 영역에서 40Gbps 동작이 가능한 WGPD의 광전변환특성을 분석하고자 한다.

### 2. 배경 이 론

#### 2.1 측정장치 및 모델링 개요

40Gbps 응용을 목표로 한 WGPD 및 submodule이 제작되었다. WGPD submodule의 구조는 그림 1과 같으며 제작된 WGPD submodule의 광전변환특성을 측정하기 위하여 그림 2과 같은 측정장비가 셋팅되었다. 40GHz대역의 고속 동작특성 측정을 위해서 Anritsu 87300C 65GHz Vector Network Analyser(VNA)를 사용하였고 레이저 다이

오드에서 들어오는 신호는 Calibration 된 광변조기를 거치는데 EO space사의 Mach-Zehnder 광변조기 형태의 40Gbps 광변조기를 사용하였다. Modulator Bias Controller(MBC)는 광변조기에 바이어스를 인가해주는 장비이고, VNA 1포트 쪽의 L-C 회로는 VNA와 MBC사이에서 DC 바이어스의 측정 장비로의 유입을 차단해주는 역할을 하고 있다. 그림 2의 양쪽 포트는 각각 WGPD와 Coplanar Waveguide(CPW) 양 끝에 연결되어 있다. 따라서 광전변환 특성은 VNA의 S21 파라미터를 기준으로 하게 된다.

모델링은 기존에 모델링 된 WGPD submodule의 결과를 기반으로 하여 수행되었고, 측정된 S 파라미터에 대한 최적화작업은 부분등가회로 방법을 이용하여 수행되었다.

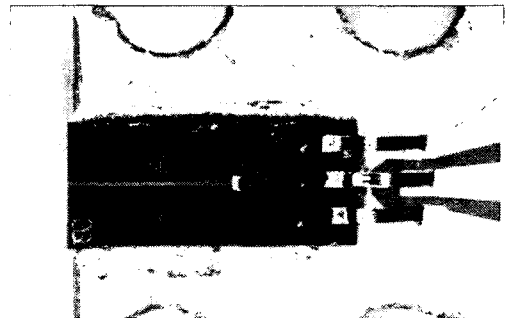


그림 1. 제작된 WGPD 및 submodule 구조

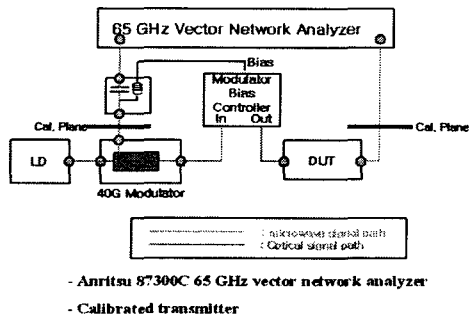


그림 2. 광전변환 효과 측정을 위한 장비셋업.

## 2.2 모델링 결과 및 분석

그림 2의 측정장비 셋팅을 기반으로 하여 광전변환 특성 모델링이 수행되었다. 각각의 블록에 대한 모델링이 수행되어졌고, 이를 바탕으로 하여 그림 3과 같은 WGPLD의 광전변환과정의 특성을 추출해 낼 수 있었다.

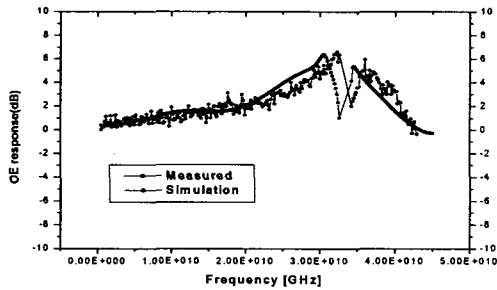


그림 3. 광전변환효과 모델링 결과.

전 관심주파수 영역에서 모델링 결과가 측정 데이터의 경향성을 굉장히 잘 표현할 수 있음을 알 수 있다. 광원의 유무에 따른 WGPLD의 파라미터 변화는 표 1에 명시되어 있다.

표 1. 광원존재시의 WGPLD 파라미터의 물리적 변화.

	물리적 의미	광원 없음	광원 존재
$R_D$	다이오드 저항	2500 $\Omega$	368.271 $\Omega$
$C_D$	다이오드 캐패시턴스	0.090 fF	0.065 fF

모델링 결과를 살펴보면 33GHz 부근에서 Dip 현상을 관찰할 수 있다. 이는 submodule의 리본본딩의 직렬 L, C 성분의 주파수 공진에서 발생하는 것으로 분석된다. Dip 현상을 관심영역 밖으로 제거하여 좀더 효율적인 광전변환효과 특성을 확보할 수 있고, 본딩이 2 mil 높이와 2 mil 간격을 가질 때 L, C 성분이 관심영역밖에서 Dip 현상을 나타낼 수 있다. 그림 4는 Dip이 없는 형태의 리본본딩에 대한 예측 모델링 결과이고 표 2에서는 리본본딩에 발생하는 Dip 현상과 관련된 L, C 값의 변화를 나타내었다.

표 2. 모듈의 본딩 파라미터에 따른 Dip 위치.

	L	C	Dip 위치
기존 모델	15.92 nH	1.46 fF	33GHz
Dip 제거 모델	8.03 nH	1.06 fF	50GHz

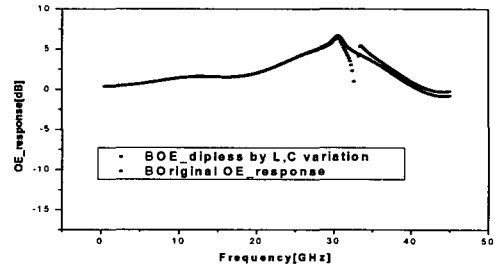


그림 4. Dip이 없는 형태의 광전변환특성 모델링결과.

## 4. 결론

40bps 동작을 목표로 제작된 WGPLD submodule의 광전변환특성에 대한 모델링이 수행되었다. 모델링 결과를 살펴보면 33GHz 부근에서 Dip 현상을 가지는데 이는 리본본딩 구조의 변화를 통해서 해결할 수 있다. 제작된 구조의 WGPLD submodule이 0~40GHz 주파수 영역에서 동작할 수 있음을 모델링을 통해서 확인할 수 있었으며 좀더 효율적인 동작특성 확보를 위해서는 축소된 형태의 본딩 구조가 필요함을 파악할 수 있었다.

## 감사의 글

이 논문은 2005년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

## 참고 문헌

- [1] Kazutoshi Kato, Susumu Hata, Kenji Kawano, Junich Yoshida, and Atsuo Kozen, "A high-efficiency 50 GHz InGaAs multimode waveguide photodetector", IEEE J. Quantum electronics, Vol. 28, No. 12, p. 2728-2735, 1992.
- [2] Taiichi Otsuji, Kazutoshi Kato, Shunji Kimura, and Tadao Nagatsuma, "Wide-band high-efficiency optical-to-electrical conversion stimulus probe heads for testing large-signal response of high-speed electronic devices", IEEE Trans. on microwave theory and techniques, Vol. 47, No. 5, p. 525-523, 1999.
- [3] Masashi Hotta, Yongxi Qian, and Tatsuo Itoh. "Resonant Coupling type Microstrip Line Interconnect using a Bonding Ribbon and Dielectric Pad", Proc. MTT-S Int'l Digest IEEE, Vol. 2, p. 797-800, 1998.