40Gb/s EAM 광송신기 특성

방준학* · 이정찬* · 조현우* · 고제수*

*한국전자통신연구원

Characteristics for 40Gb/s EAM Optical Transmitter

Joon-hak Bang* · Jyung-chan Lee* · Hyunwoo Cho* · Je-soo Ko*

*Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : jhbang@etri.re.kr

요 약

본 논문에서는 전계 흡수형 변조기를 사용한 40Gb/s 광송신기를 구성하고, 이에 대한 특성을 측정해 보았다. 그 결과 전계 흡수형 변조기에 가해지는 DC 바이어스 전압 및 온도를 변화시켰을 때 소광비, 출력 파워 및 파장이 변화하였다. 이러한 특성의 변화를 토대로 40Gb/s 광송신기의 최적화 설계가 가능하다.

ABSTRACT

In this letter, we developed a 40Gb/s optical transmitter using an electroabsorption modulator and measured its characteristics. As a result, the extinction ratio, the output power and the wavelength are varied while DC bias voltage and temperature of an electroabsorption modulator are changed. Based upon these experimental results, a design of 40Gb/s optical transmitter can be optimized.

키워드

Electroabsorption modulator, Optical transmitter, 광송신기

Ⅰ. 서 론

광통신 분야에서 전송 용량을 늘리는 방법은 단일 채널의 전송 속도를 증가시키는 시분할다중방식(Time Division Multiplexing, TDM)과 각기 다른 파장의 여러 채널을 하나의 광섬유에 묶어 전송하는 파장분할다중방식(Wavelength Division Multiplexing, WDM)으로 발전하고 있다. 이 중 시분할다중방식에서는 40Gb/s급의 광전송 시스템에 대한 개발이 진행 중에 있으며, 이에 따라 40Gb/s 광전송을 위한 40Gb/s 광송신기의 개발도 아울러 진행되고 있다. 이러한 광전송을 위한 광송신기는 광신호 변조를 위해서 주로 낮은 chirp 특성을 갖는 $LiNbO_3$ Mach-Zehnder 간섭형 변조기를 이용한 외부 변조 방식을 사용하였다[1]. 이러한 광변조기는 광간섭길이에 의해 광의 변조 특성에 큰 영향을 주기 때문에 광간섭의 최소 길이가 정해져 있어 광송신기 구성 시 광송신기의 소형화에 물리적인 영향을 준다. 따라서 이러한 광송신기의 소형화를 위해서 전계 흡수형 변조기(Electroabsorption Modulator, EAM)가 집적화된 레이저(Electroabsorption Modulated Laser, EML)가 개발되고 있다.[2] 현재 40Gb/s용으로는 집적화된 레이저는 상용화되어 있지 않고, LD와 EAM을 개별적으로 사용하고 있다. 전계 흡수형 변조기는 그 밖에도 낮은 구동전압, 소자의 신뢰성 향상, 높은 광출력, 소형화, 저가화 등의 특성을 기대할 수 있어 특히 각광 받고 있다.[3-4] 이러한 EAM에 요구되는 성능조건으로는 낮은 구동전압, 높은 소광비(Extinction Ratio, ER), 높은 변조속도, 낮은 기초흡수, 적은 chirp 특성 등이 있다. 그러나, 이러한 특성들은 상호 연관관계가 있기 때문에 모든 특성을 동시에 만족하기는 매우 어렵다.

본 논문에서는 이러한 특성을 가지는 전계 흡수형 변조기를 사용한 40Gb/s 광송신기를 구성하고, 이에 대한 특성을 측정해 보았다.

II. 본 론

2.1. 실험 구성

전계 흡수형 변조기를 사용한 40Gb/s 광송신기의 구성은 그림1과 같다.

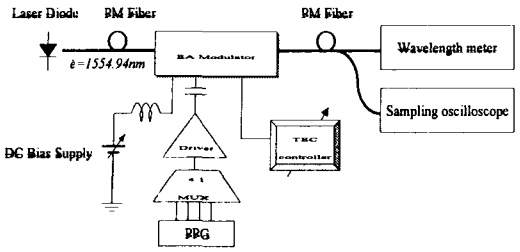
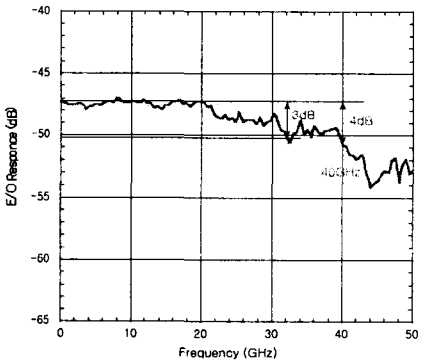
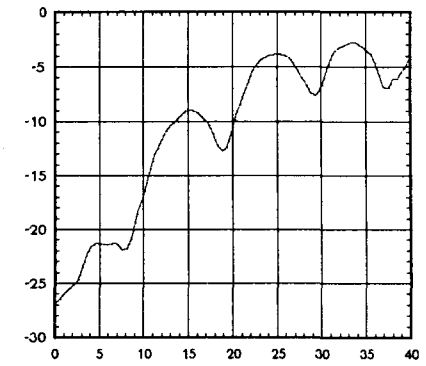


그림1. 40Gb/s EAM 광송신기 실험 구성도

EAM에 입력되는 신호는 40Gb/s 데이터 신호, DC 바이어스 전압 및 캐리어 신호가 되는 CW (Continuous Wave) 광신호로 구분된다. 먼저 40Gb/s 데이터 신호는 PPG(Pulse Pattern Generator)에서 나오는 독립적인 네 개의 10Gb/s 전기신호를 4:1 다중화기로 다중하여 40Gb/s NRZ(Non-Return to Zero) 신호를 만든다. 다중화기의 출력신호가 350mVp-p 밖에 되지 않아 EAM을 구동시키기 위해서는 이를 구동 증폭기(Driver)로 증폭하여 약 3.5Vp-p의 전압값을 갖도록 해 준다. DC 바이어스는 파워 서플라이로 공급해 주며, CW 광신호는 1554.94nm의 파장을 가지는 DFB-LD를 사용하였다. 실험에 사용된 EAM은 30GHz 이상의 변조 대역폭을 가지고, DC 바이어스 회로 및 TEC(Thermoelectric Cooler)가 내장되어 있으며, 입출력단이 PM(Polarization Maintaining) 광섬유로 되어 있다. EAM의 S21 및 S11 파라미터의 측정값을 그림2에 나타내었다.



(a) Frequency response (S21)



(b) Electrical return loss (S11)

그림2. EAM의 전기적인 특성

2.2. 실험 결과 및 분석

40Gb/s EAM 광송신기의 특성을 측정하기 위하여 DC 바이어스 전압 및 온도를 변화시키면서 그에 따른 소광비, 출력 파워 및 파장 등의 변화를 조사해 보았다. 사용된 LD의 파워는 12.5dBm, 파장은 1554.94nm 이다. 온도를 25도에 고정시키고 DC 바이어스 전압값에 따른 출력 신호의 소광비의 변화를 그림 3에 나타내었다. 그림에서 보듯이 출력 신호의 소광비가 DC 바이어스 전압에 의존한다는 것을 알 수 있다. EAM에 가해지는 바이어스 전압은 EAM의 흡수율과 상관관계를 갖게 되는데, 바이어스 전압이 0V에서 마이너스 전압으로 감소하게 되면 EAM의 특성상 흡수율이 증가하게 된다. 흡수율의 증가는 광변조된 신호의 '0' 레벨을 낮게 해주어 결과적으로 소광비가 좋아지게 되는 것이다. 그러나 소광비를 높이기 위해 바이어스 전압을 너무 낮게 하면 아이 패턴상의 crossing 포인트도 같이 낮아지게 되어 최적의 상태라고 할 수 없다. 그림4에서는 DC 바이어스 전압에 따른 아이 패턴의 변화를 나타내었다.

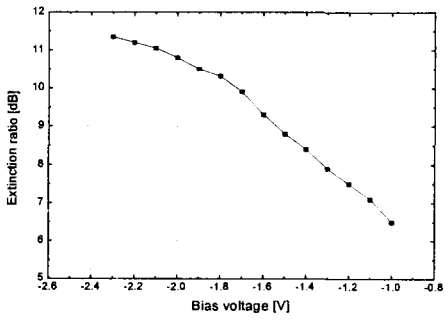


그림3. 바이어스 전압에 따른 소광비의 변화

(a) Vb = -1.0V (b) Vb = -1.2V

(c) Vb = -1.4V (d) Vb = -1.6V

(e) Vb = -1.8V (f) Vb = -2.0V

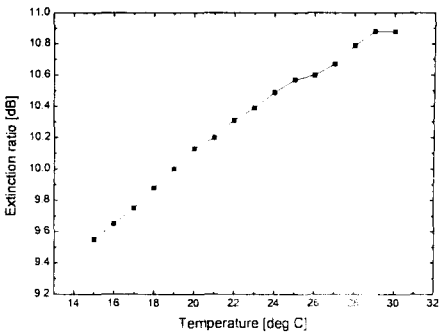
(g) Vb = -2.2V (h) Vb = -2.4V

그림4. 바이어스 전압에 따른 아이패턴의 변화

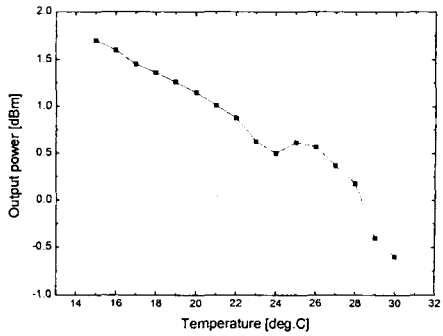
또한, EAM은 온도에 따른 특성이 민감하게 변하기 때문에[5] 일정한 온도를 유지하기 위해 TEC를 동작시키는 외부회로를 설계하였다. 출력신호인 40Gb/s 변조된 광신호는 Wavelength meter 로 파장 및 파워를 측정하였고, Sampling oscilloscope를 통해 아이 패턴을 관측하였다.

그림에서 보듯이, 바이어스 전압이 낮아지면 아이 패턴의 소광비가 증가하면서 crossing 포인트도 낮아짐을 알 수 있다.

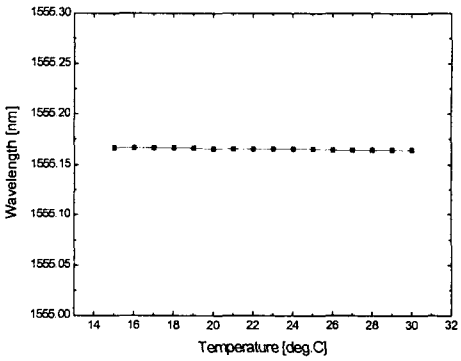
온도에 따른 특성을 조사하기 위하여 바이어스 전압을 -1.8V로 고정시키고 TEC Controller를 조절하여 15도 ~ 30도까지 변화시키면서 특성을 측정해 보았으며, 이를 그림 5에 나타내었다.



(a) 온도에 따른 소광비의 변화



(b) 온도에 따른 출력파워의 변화



(c) 온도에 따른 파장의 변화

그림 5. 온도에 따른 특성 변화

전계 흡수의 물리적인 특성상 온도가 증가하면 흡수율이 증가하게 되는데, 따라서 온도가 증가함에 따라 그림 5 (a)에서는 소광비가 커지게 되고, 그림 5(b)에서는 출력 파워가 작아지게 된다. 그림 5(c)는 사용된 EAM이 파장에 대한 온도 의존성이 없음을 보여주고 있다.

III. 결 론

전계 흡수형 변조기를 사용한 40Gb/s 광송신기를 구성하고, 이에 대한 특성을 측정해 보았다. 그 결과 EAM에 가해지는 DC 바이어스 전압 및 온도를 변화시켰을 때 그에 따른 소광비, 출력 파워 및 파장 등이 변화하였다. 이것은 전계 흡수 효과의 물리적인 특성에서 비롯된 것으로, 흡수율 및 chirp 량의 변화로 인해 특성의 변화를 보이는 것이다. 본 논문에서는 전계 흡수형 변조기에 40Gb/s를 변조하였을 때 나타나는 특성의 변화를 관찰하고 이를 토대로 40Gb/s 광송신기의 최적화 설계가 가능하다.

참고문헌

[1] S. Dubovitsky, W. H. Steier, S. Yegnanarayanan, and B. Jalali, "Analysis and Improvement of Mach-Zehnder Modulator Linearity Performance for Chirped and Tunable Optical Carriers," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 20, no. 5, pp. 886-891, 2002.

[2] R. A. Salvatore, R. T. Sahara, M. A. Bock, and I. Libenzon, "Electroabsorption Modulated Laser for Long Transmission Spans," IEEE J. Quantum Electron., vol. 38, no. 5, pp. 464-476, 2002.

[3] K. Sato, I. Kotaka, K. Wakita, Y. Kondo, and M. Yamamoto, "Strained-InGaAsP MQW Electroabsorption Modulator Integrated DFB Laser," Electron. Lett., vol. 29, no. 12, pp. 1087-1088, 1993.

[4] K. Wakita, K. Sato, I. Kotaka, M. Yamamoto, and T., Kataoka, "20 Gbit/s, 1.55 um Strained-InGaAsP MQW Modulator Integrated DFB Laser Module," Electron. Lett., vol. 30, no. 4, pp. 302-303, 1994.

[5] J. C. Cartledge, and B. Christensen, "Optimum Operating Points for Electroabsorption Modulators in 10 Gb/s Transmission Systems Using Nondispersion Shifted Fiber," IEEE J. Lightwave Technol., vol. 16, no. 3, pp. 349-357, 1998.