

고출력용 광송신 모듈 개발

정회원 박기동*

Development of Optic Transmitter Module for High Output Power

Ki-dong Park* *Regular Member*

요약

본 논문에서는 고출력용 광송신 모듈을 개발하였다. LD 구동 드라이버는 OP 앰프와 트랜지스터를 사용한 정전류 회로를 기반으로 설계하였다. 싱글모드 LD 모듈은 FP LD Coaxial 모듈(NX7328BF-AA)에 TEC를 패키징하여 제작하였으며, 멀티모드 LD 모듈은 싱글모드 파이버의 일부만을 남기고 잘라낸 후 멀티모드 파이버를 용착·접속하여 제작하였다. 멀티모드 광송신 모듈을 제작하여 측정한 결과 622Mbps 펄스까지 전송이 가능함을 확인하였고, 최대 광출력은 싱글모드 LD 모듈인 경우 20.1dBm, 멀티모드 LD 모듈인 경우 19.3dBm을 얻었다.

Key Words : E-PON, LD Driver, Optic Transmitter

ABSTRACT

In this thesis, an optic transmitter module for high output power has been developed. A driver circuit for driving laser diode has been designed using operational amplifiers and transistors. A single-mode laser diode module was made from a Fabry-Perot laser diode coaxial module, in which a thermal electric cooler was settled. Moreover a multi-mode laser diode module was manufactured replacing a single-mode fiber with a multi-mode fiber in the single-mode laser diode module. The optic transmitter module has been made and measured. As the results, it was verified that the transmission rate was able to reach up to 622Mbps. Maximum optic outputs was obtained 20.1dBm in the case of the single-mode laser diode module and 19.3dBm in the case of the multi-mode laser diode module respectively.

I. 서론

FTTH(Fiber to the Home)는 인터넷프로토콜(IP : Internet Protocol) 통신망을 통해 음성통화는 물론 데이터, 멀티미디어 정보를 초고속으로 제공할 수 있다는 잇점 때문에 유무선 통합, 통방 융합 등을 지원할 수 있는 광대역통합망(BcN : Broadband Convergence Network)으로 각광받고 있다. 특히 최근 이목을 집중시키고 있는 전화, 인터넷, 방송 등을 통합적으로 제공하는 티피에스(TPS : Triple Play

Service)를 충분히 가능하게 한다.

FTTH 기술 방식 중 수동형광가입자망(PON : Passive Optical Network)은 기업 및 일반 가정에게까지 광섬유 기반의 초고속 서비스를 제공하는 광가입자 구축방식의 하나이며, PON의 여러 방식들 중 가장 넓게 보편화된 것이 E-PON(Ethernet PON)이다. E-PON은 실외장치의 재생기, 증폭기와 같은 능동소자를 없애고 설치될 광케이블을 최소화하고 중앙 국사 내 광 포트의 개수를 줄임으로써 저렴하고 운용이 용이한 공유형 광가입자망이다^[1].

* 동강대학 정보통신과(keedong@dkc.ac.kr)

논문번호 : 09038-0709, 접수일자 : 2009년 7월 9일

E-PON에서는 하나의 광회선 단말장치(OLT : Optical Line Terminal)에 여러 개의 광망종단장치(ONU : Optical Network Unit)가 접속할 수 있게 하는 방식이므로 송신용 광신호는 충분히 높은 전력을 가져야 한다. 이를 위해서는 고출력 레이저 다이오드(LD : Laser Diode)를 구동할 수 있는 드라이버가 핵심 부품이라 할 수 있다^{[2],[3]}. 따라서 본 논문에서는 622Mbps/100mW(20dBm)급 광송신 모듈을 개발하였다.

II. 광송신 모듈 개발

2.1 LD 구동 드라이버

LD, 고출력 LED와 같은 소자를 안정적으로 구동시키기 위해서는 정전류 회로를 사용해야 한다^[4]. 발광조건에서 비교적 일정한 전압을 유지하고 다만 전류의 인가량에 따라 광량이 조절되는데, 과전류가 흐르면 발열을 통해 소자가 망가진다. 이 때문에 소자를 안정하게 사용하기 위해서는 인가되는 전류를 원하는 값 수준에서 일정하게 유지하는 회로 즉, 정전류 회로가 필요하다. 완전한 정전류 회로는 귀환을 가진 증폭기 형태를 띄게 되고 아주 극단적인 부하 변동에 대해서도 일정한 전류를 유지해 준다.

이 회로는 OP 앰프와 트랜지스터를 사용한 정전류 회로입니다. 출력 전류는 V_i/R_1 이고 V_i 를 조절함으로써 출력 전류를 미세 조정하기에 편하다. 그리고 큰 출력전류를 취급할 수 있다.

이 회로에서 트랜지스터의 h_{fe} 는 대략 100 정도이므로 베이스전류는 콜렉터전류의 1/100 밖에 흐르지 않기 때문에 콜렉터에 흐르는 전류와 이미터로 흐르는 전류는 거의 같아지게 되는데, 이 전류를 I_c 라고 한다.

이 전류 I_c 는 저항 R_1 을 통해서 접지되기 때문에 저항의 위쪽, 즉 OP AMP의 (-)입력 단자에는 $I_c \times R_1$ 의 전압이 발생한다. 이 전압과 연산증폭기의 (+)입력 단자전압이 동일해지도록 동작한다.

OP AMP의 V_i 와 V_- 사이에 전압 차이가 있으면 그 차이만큼이 오픈루프 이득 A 로 증폭되어 OP AMP의 출력으로 나타난다.

$$V_o = A (V_i - V_-) \quad (1)$$

이 전압은 트랜지스터의 베이스에 걸리며 이미터 전위 V_- 는 트랜지스터의 순방향 전압강하 V_f 만큼 낮은 전압이 되기 때문에 다음 식이 된다.

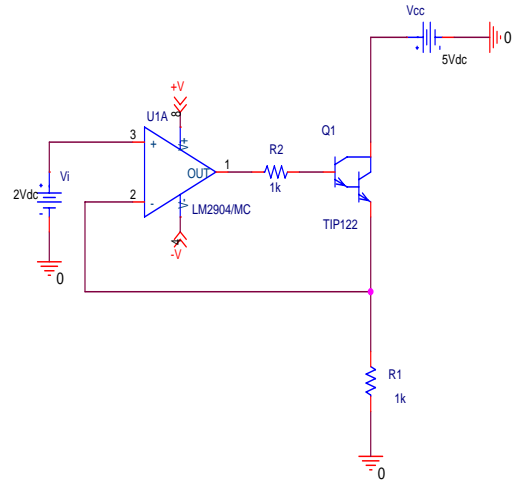


그림 1. OP 앰프와 트랜지스터를 사용한 정전류 회로
Fig. 1. Constant current circuit using an operational amplifier and a transistor

$$V_- = V_o - V_f \quad (2)$$

식(1), (2)을 대입하여 정리하면

$$V_- = (AV_i - V_f) (1 + A) \approx V_i \quad (3)$$

이 된다.

마지막 근사는 OP AMP의 오픈루프 이득 A 가 매우 크다는 것을 가정한 것으로, 귀환 루프에 트랜지스터가 들어가 있어도 가상(Virtual) 쇼트가 성립되며 이 때문에 회로의 출력 전류는

$$I_c = V_i / R_1 \quad (4)$$

가 된다.

그러나 본 논문에서는 Anode가 접지된 LD를 사용하므로 그림 1에서 V_{cc} 의 값은 (-)으로 바뀌어야 하며, 위치는 R_1 의 다음으로 옮겨진다. 따라서 그림 2의 회로도처럼 변형시킨 정전류 회로를 적용한다. 그림 3은 그림 2의 회로를 기본으로 하여 전압 레귤레이터, 전압 폴로워 회로 등을 추가시켜 제작한 LD 구동 드라이버 회로이다.

또한 고출력 LD는 장시간 사용할 때 다이오드 자체의 발열로 인해 온도가 상승하게 된다. 이는 중심파장의 변동을 일으키고 원하는 파장에서의 출력을 떨어뜨리는 부작용을 초래한다. 따라서 LD가 항상 적정온도(25°C)에서 동작할 수 있도록 온도를 제어할 필요가 있다. 이를 위해 TEC(Thermal Electric

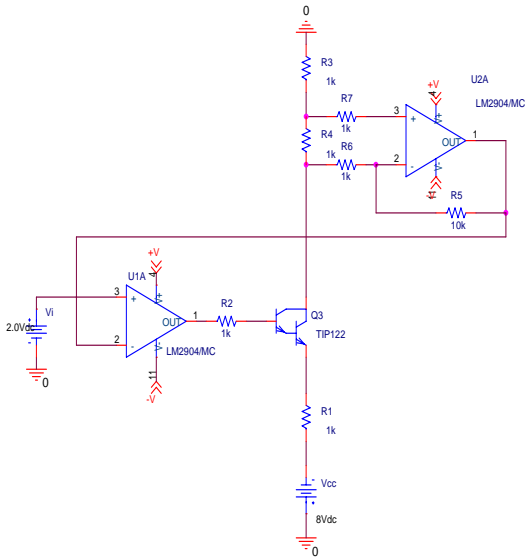


그림 2. (-)전원을 사용한 정전류 회로
Fig. 2. Constant current circuit using a negative voltage

cooler)를 LD 모듈에 탑재시켜 패키징한다. TEC는 종류가 다른 두 금속을 접합한 후 거기에 전류를 흘리면 한쪽은 흡열(냉각)이고 다른 한쪽은 발열 현상이 나타나는 펠티에 효과를 이용한 것이다. LD의 온도가 상승하면 써미스터의 저항값이 작아져 써미스터 양단 전압이 낮아지게 된다. 따라서 TEC 구동 회로는 기준전압 보다 써미스터 전압이 낮아지면 TEC를 동작시키도록 설계한다⁵⁾.

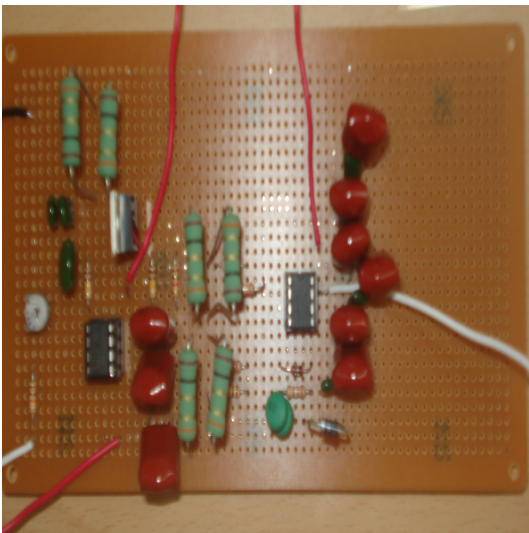
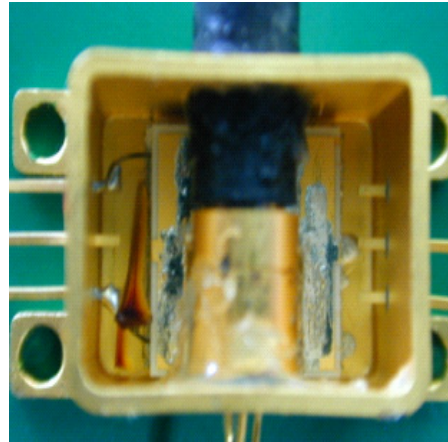


그림 3. 제작된 LD 구동 드라이버 회로
Fig. 3. Manufactured LD driver circuit

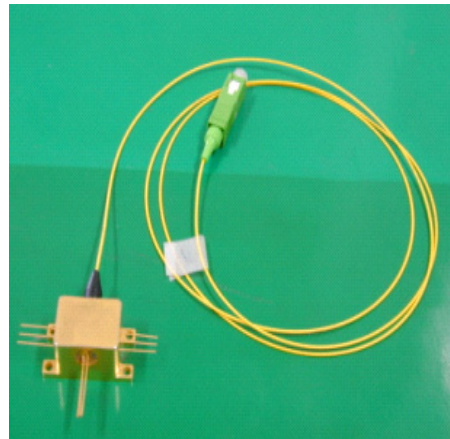
2.2 LD 모듈

본 논문에서는 622Mbps/100mW(20dBm)급 광송신 모듈용 LD 모듈을 제작하기 위해 NEC사의 FP LD Coaxial 모듈(NX7328BF-AA)을 사용한다. 이 LD는 TEC가 내장되어 있지 않으므로 고효율 상태로 LD를 장시간 사용하면 LD의 손상 및 출력 특성의 심각한 저하가 일어나게 된다. 따라서 TEC를 LD에 부착하여 패키징하는 방식으로 싱글모드 LD 모듈을 제작한다. 다음으로 멀티모드 LD 모듈을 제작하기 위해 매달려있는(Pigtail) 싱글모드 파이버의 일부분만을 남기고 잘라낸 후 멀티모드(62.5/125 μ m) 파이버를 용착·접속한다.

그림 4에서 각각 외장 케이스에 TEC 및 FP LD Coaxial 모듈을 장착하고 결선한 상태와 패키징이 완료된 싱글모드 LD 모듈을 보여진다.



(a) Die bonding



(b) Packaging completion

그림 4. 제작된 싱글모드 LD 모듈
Fig. 4. Manufactured single-mode LD module

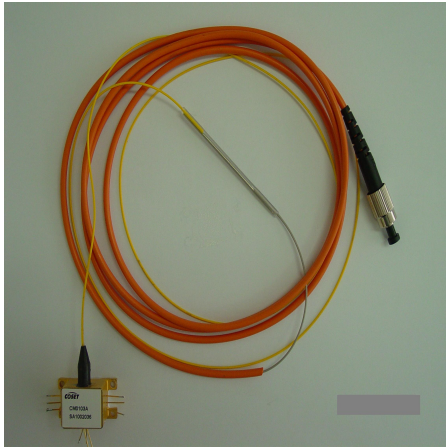


그림 5. 제작된 멀티모드 LD 모듈
Fig. 5. Manufactured multi-mode LD module

그림 5는 싱글모드 파이버에 멀티모드 파이버를 용착·접속하여 만든 멀티모드 LD 모듈이다.

III. 개발 결과 및 검토

그림 6은 제작된 622Mbps/100mW(20dBm)급 광송신 모듈이다. 그림 5에서 회로의 공급전압으로는 +8V, -8V의 양 전원을 사용한다. 표 1의 측정 결과에서 LD 순방향 전압은 바이어스 전류가 대략 400mA일 때 측정된 값이다. 최대 광 출력은 바이어스 전류 493mA 에서 매달려있는 파이버가 싱글

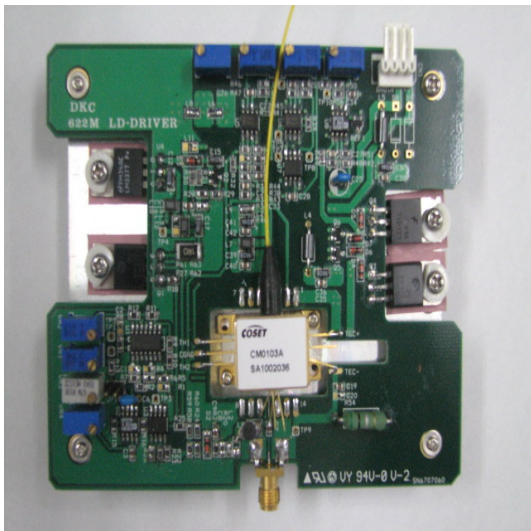


그림 6. 제작된 622Mbps/100mW(20dBm)급 광송신모듈
Fig. 6. Manufactured optic transmitter module with output 622Mbps/100mW(20dBm)

표 1. 그림 6의 측정 결과
Table 1. Measured results of Fig. 6.

항목	단위	싱글모드 LD 모듈	멀티모드 LD 모듈
중심파장	nm	1295.68	1300.15
최대 선폭	nm	6.320	7.395
LD 순방향 전압	V	2.8	2.8
최대출력 광 전력	dBm	20.1	19.3

모드일 때는 20.1dBm, 멀티모드일 때는 19.3dBm으로 나타난다. 이는 싱글모드 파이버에 멀티모드 파이버를 용착·접속함으로써 나타나는 손실 때문이라 생각된다.

그러나 사용된 FP LD Coaxial 모듈에 처음 제조 단계부터 멀티모드 파이버가 매달려 있었다면 용착·접속에 따른 손실은 존재하지 않을 것이므로 20dBm 이상의 광 출력은 충분히 얻어질 수 있다.

그림 7은 광스펙트럼 분석기(OSA:Optical spectrum analyzer)로 중심파장 및 선폭을 측정한 것이다. 중심 파장은 1300.15nm, 선폭은 7.395nm로 측정되어 기본 LD 모듈의 측정값에서 크게 벗어나지 않음을 확인할 수 있다.

그림 8, 9는 각각 155Mbps, 622Mbps의 펄스를 입력한 후, 통신신호 분석기(Communication signal analyzer)을 사용하여 아이 패턴(Eye pattern)을 측정한 것이다. 측정조건은 광출력 15dBm, 입력 RF 펄스 전압 2Vp-p, 622Mbps 광 필터와 10dB 광 감

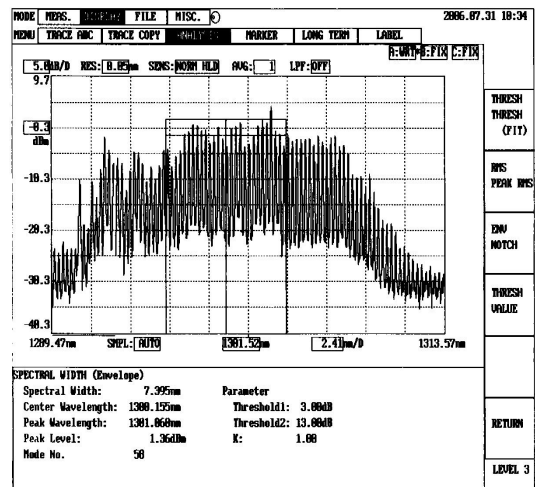


그림 7. 측정된 중심파장 및 선폭
Fig. 7. Measured center frequency and line-width

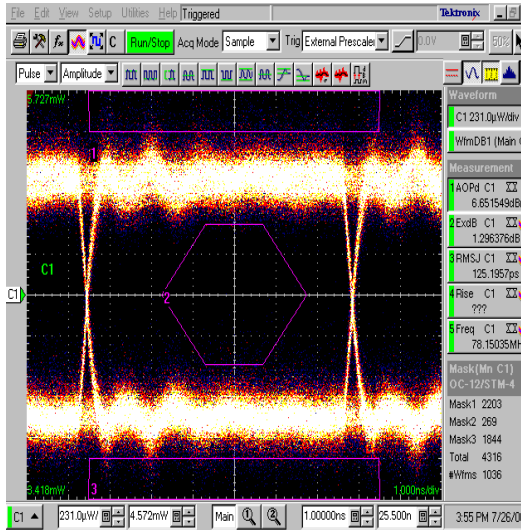


그림 8. 155Mbps 펄스 입력할 때 아이 패턴
Fig. 8. Eye pattern for 155Mbps pulse input

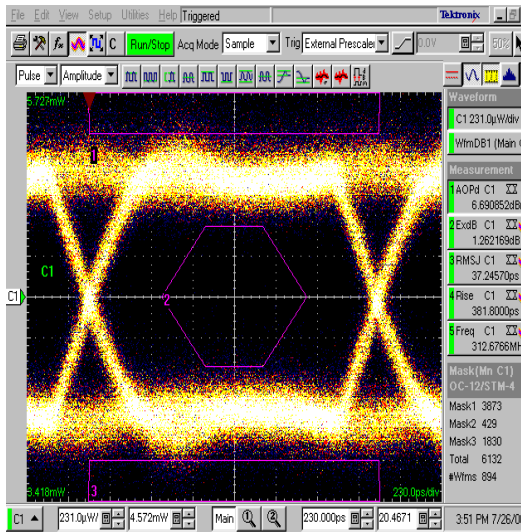


그림 9. 622Mbps 펄스 입력할 때 아이 패턴
Fig. 9. Eye pattern for 622Mbps pulse input

쇄기를 사용한다. Eye 패턴이 선명하게 잘 나타남을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 LD 바이어스 전류가 상당히 큰 622Mbps/100mW(20dBm)급 광송신 모듈을 개발하였다. LD 구동 드라이버는 OP 앰프와 트랜지스터를 사용한 정전류 회로를 기반으로 설계하였다. 싱글모드 LD 모듈은 FP LD Coaxial 모듈(NX7328BF-AA)

에 TEC를 패키징하여 제작하였으며, 멀티모드 LD 모듈은 싱글모드 파이버의 일부만을 남기고 잘라낸 후 멀티모드 파이버를 용착·접속하여 제작하였다.

멀티모드 광송신 모듈을 제작하여 중심파장 및 선폭을 측정한 결과 중심 파장은 1300.15nm, 선폭은 7.395nm로 기본 LD 모듈의 측정값에서 크게 벗어나지 않음을 확인하였다. 그리고 아이 패턴을 측정하여 622Mbps 펄스까지 전송이 가능함을 확인하였고, 최대 광 출력은 싱글모드 LD 모듈인 경우 20.1dBm, 멀티모드 LD 모듈인 경우 19.3dBm으로 나타났다.

따라서 개발 제품은 E-PON망에서 광회선 단말 장치의 광원으로 사용 가능하리라 본다. 또한 큰 광 출력을 요구하는 의료장비용 고풍력 광원이나 광망 감시장치용 LD 구동 드라이버 및 광원 모듈로 적용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ITFIND, "광네트워크", 주간기술동향, 2006년 9월.
- [2] B. Razavi, *Design of Integrated Circuits for Optical Communications*, McGRAW-HILL, 2003.
- [3] E. Säckinger, *Broadband Circuits for Optical Fiber Communication*, Willy, 2005.
- [4] 편집부, "전자응용회로집2", 도서산업사, 2006.
- [5] 김보연, "전자회로를 활용하자", 한진, 2006.

박 기 동 (Ki-dong Park)

정회원

한국통신학회논문지 제33권 4T호 참조