

10주 1강.

레이저다이오드, 외부 변조기와 광송신기



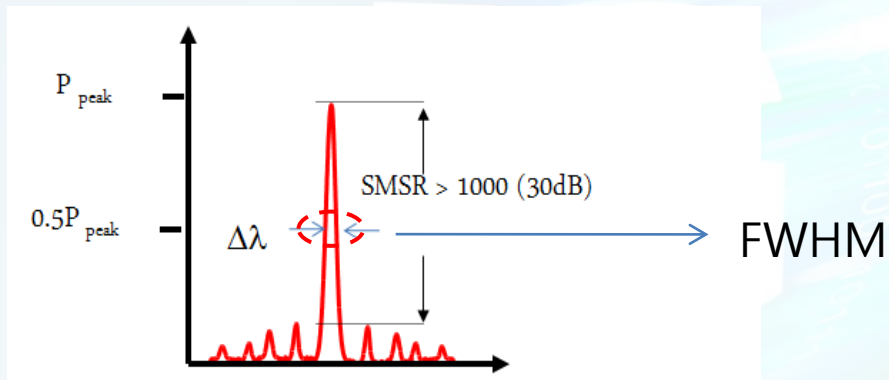
송실사이버대학교

송실사이버대학교의 강의콘텐츠는
저작권법에 의하여 보호를 받는바, 무단
전재, 배포, 전송, 대여 등을 금합니다.

* 사용서체 : 나눔글꼴

■ 레이저다이오드의 특성

- 광통신에서는 DFB LD와 같은 단일모드 LD가 주로 사용됨
- DFB LD의 스펙트럼 폭은 아주 좁아 선폭(linewidth)라고도 함
 - FWHM은 스펙트럼의 최고치를 중심으로 최고치의 $\frac{1}{2}$ 로 떨어지는 지점 사이의 스펙트럼 폭을 의미
 - DFB LD의 선폭 $\Delta f = 5 \sim 10 [\text{MHz}]$ ($\Delta \lambda = 0.00004 \sim 0.00008 \text{ nm}$ @ $\lambda_0 = 1550 \text{ nm}$)로 좁아 광통신의 성능에 미치는 영향은 미미함



레이저다이오드

■ 효율 특성

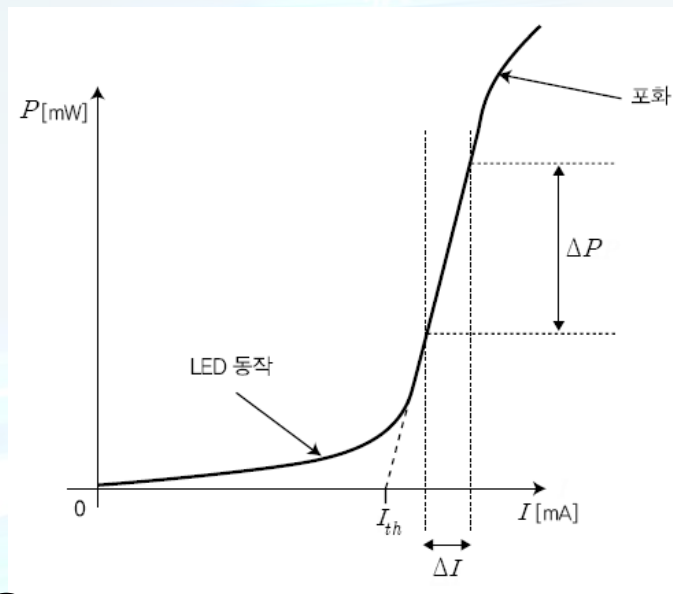
• 일반적인 LD의 P-I 곡선

- 문턱 전류 I_{th} → 작을수록 좋다.
- 기울기 효율 $S = \frac{\Delta P}{\Delta I}$ → 클수록 좋다.

➤ 기울기(또는 미분) 양자효율의 정의

$$\eta_d = \frac{\Delta N_p}{\Delta N_e}$$

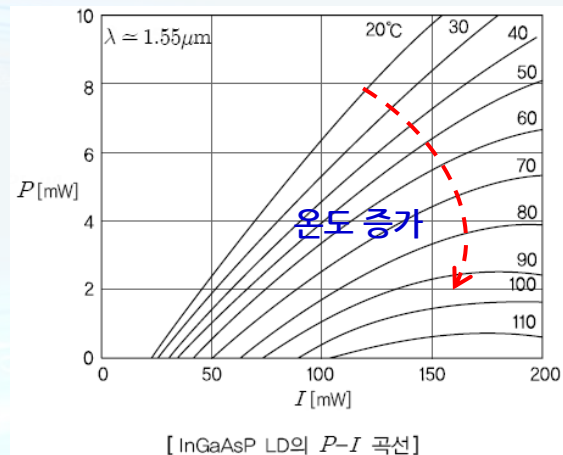
(ΔN_e 는 주입되는 전자수의 증가율,
 ΔN_p 는 레이저의 한 면에서 방출되는 광자 수의 증가율)



■ 온도 특성

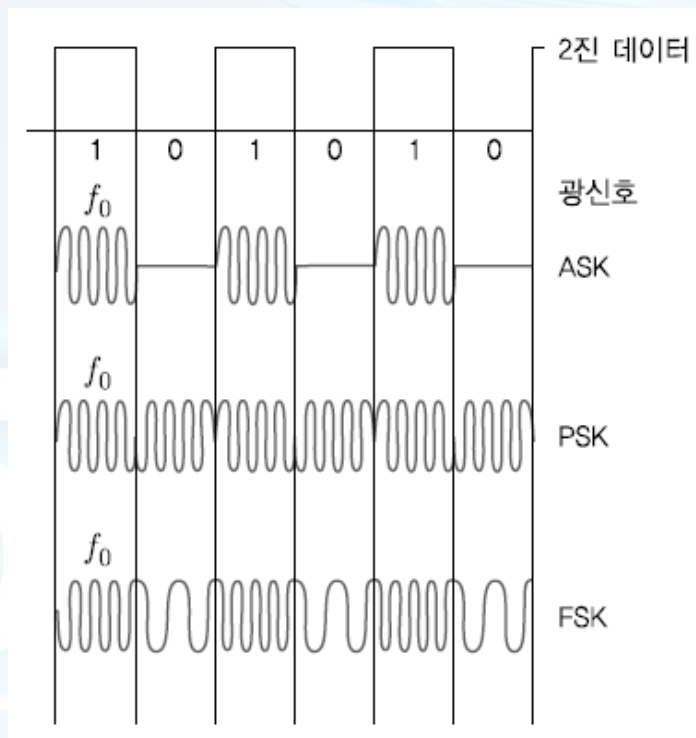
- 레이저의 특성은 동작 온도에 민감
 - 온도가 올라 갈수록 문턱 전압은 증가하고, 기울기 효율은 감소
 - 출력 중심 파장 역시 $+0.3 \sim 0.6 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ 정도로 변함
 - » 광섬유의 특성(분산, 감쇠)이 파장에 따라 변하므로, 전송 특성에 따라 변함
 - » WDM 시스템에서는 이웃 채널과 간섭 현상이 발생하므로, 중심 파장이 $\pm 0.01 \text{ nm}$ 이내로 안정되도록 하는 것이 중요

- 냉각소자를 이용하여 동작 온도를 일정하게 유지할 필요 있음



■ 디지털 변조

- 세가지 기본적인 방법
 - 진폭편이변조 (ASK), 위상편이변조 (PSK), 주파수편이변조 (FSK)
 - 각각 반송파 (carrier)의 진폭, 위상 또는 주파수가 정보 신호에 따라 변하도록 하는 방법
 - 광통신에서는 LD의 출력이 반송파 역할





■ 디지털 변조

➤ OOK 변조

- LD의 발진 주파수는 약 193THz로 굉장히 높아 광신호의 발진 주파수와 위상을 제어하기는 힘들
- 실제 상업용 광통신은 대부분 2진 ASK 사용
- 2진 ASK는 흔히 OOK(on-off keying)라 부름

5G

4G

3G

2G

레이저다이오드

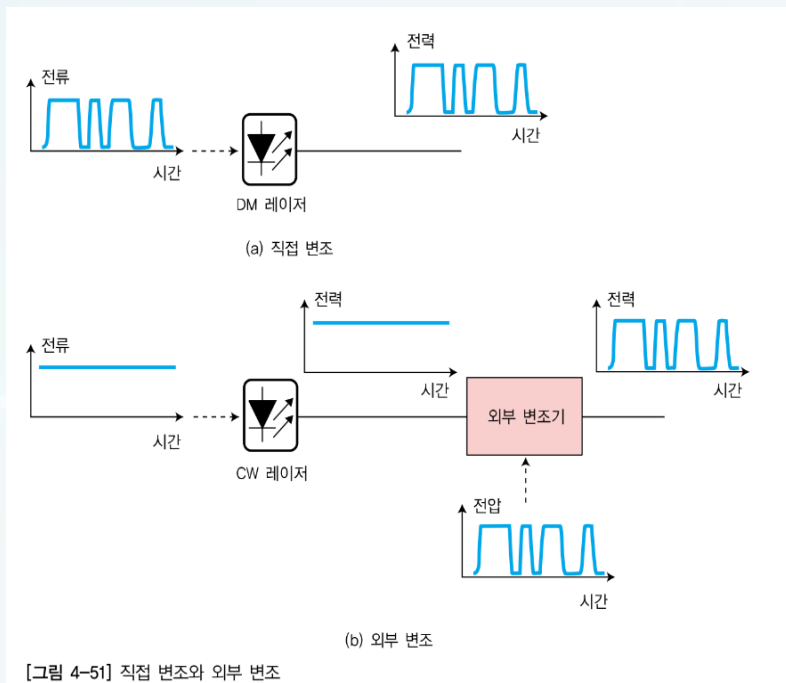
■ OOK 변조 구현

• 직접 변조 방식

- 발광소자만으로 변조하는 방식이므로, 간단하고 비용이 적게 듦
- LD의 전류가 정보 비트에 따라 변하므로, LD의 출력 전력도 정보에 따라 변함

• 외부 변조 방식

- LD는 항상 켜진 상태(ON)로 유지
- 외부 변조기 필요





■ 처핑(chirping) 현상

- 직접 변조의 또 다른 문제점
- 입력 전류에 따라 출력 광신호의 주파수(즉, LD의 발진 주파수)가 변하는 현상을 말하며, 광신호의 스펙트럼을 넓게 퍼지게 함
- 광섬유의 분산 특성으로 인해 광펄스를 퍼지게 하여 펄스 사이의 간섭 현상(ISI, Inter-Symbol Interference)이 증가하므로 BL급을 현저히 제한

➤ 직접 변조의 문제점은 외부 변조기를 사용하면 대부분 해결

- 외부 변조기를 사용하면 시스템이 좀 더 복잡해지고 비용이 증가하나, 비트율이 10Gb/s 이상의 광통신 시스템에서는 대부분 외부 변조 방식 이용



■ 광송신기

- 정보를 실고 있는 전기 신호를 광신호로 바꾼 후 광섬유 안으로 입사시키는 기능을 담당하는 모듈
- 광송신기의 핵심 소자는 LED나 LD와 같은 발광소자
- LED를 사용하면 광송신기의 구조는 비교적 간단
- LD를 사용하면 고속 동작을 위해 복잡한 회로가 사용되고, LD의 동작 특성이 온도에 민감하므로, 일반적으로 온도 조절회로가 포함

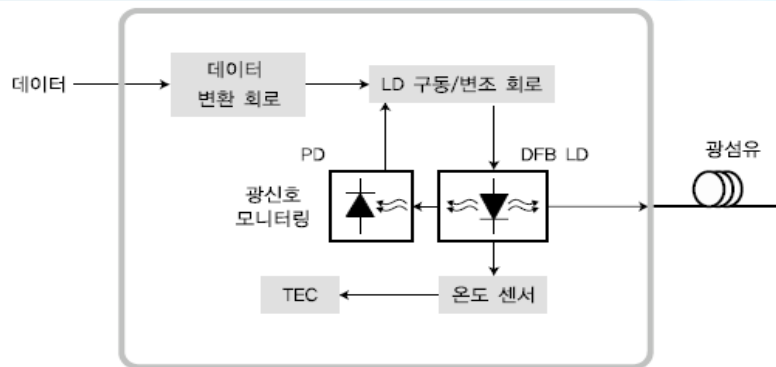
5G

4G

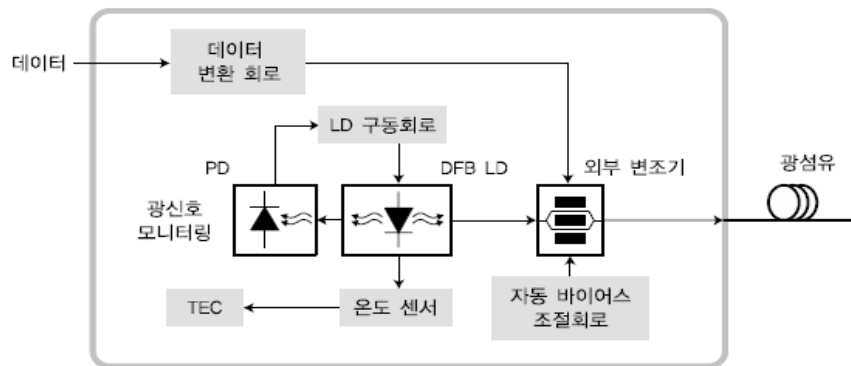
3G

외부 변조기와 광송신기

■ 광송신기



(a) 직접 변조를 사용한 경우



(b) 외부 변조를 사용한 경우

[광송신기의 블록도]

외부 변조기와 광송신기

■ 데이터 변환 회로

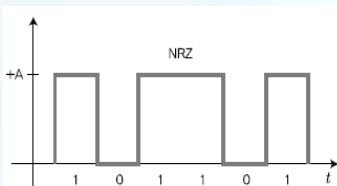
• 주요한 2가지 기능

- 병렬 형식의 데이터를 직렬로 변환
- 직렬로 변환된 데이터를 LD나 외부 변조기가 처리할 수 있도록 디지털 펄스열로 바꿈

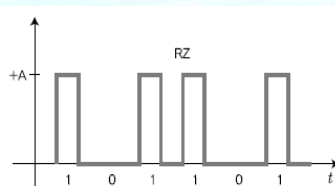
➤ 라인 코딩

- 2진 디지털 정보('1'과 '0')를 물리적인 디지털 펄스열로 나타내는 것
- 광통신에서는 NRZ 방식을 주로 사용
- 최근 10Gb/s 이상의 고속 동작을 위해서 RZ 방식도 많이 연구되고 있음

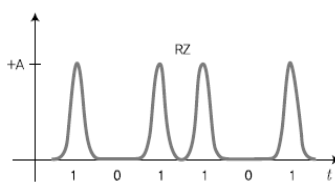
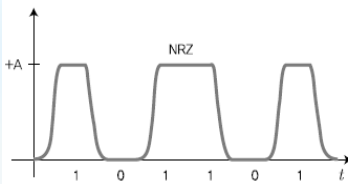
〈한 비트 구간 동안
신호값이 유지〉



〈한 비트 구간 중
일부만 신호값이 유지〉



(a) 이상적인 사각파를 사용한 경우



(b) 일정한 상승 및 하강 시간이 있는 펄스를 사용한 경우

[NRZ 방식과 RZ 방식]

- 구동회로와 온도 안정화

→우수한 특성이 요구되는 장거리 고속 동작에 사용되는
광송신기는, 출력 변화를 최소화하기 위해 온도센서를 사용하여 냉각기(TEC:
ThermoElectric Cooler)와 함께 사용

외부 변조기와 광송신기

■ 광섬유와 광학적 결합

- LED는 다중모드, LD는 단일모드 광섬유가 주로 사용됨
- LED와 다중모드 광섬유를 직접 결합(direct coupling)할 때
 - 결합효율(η_c)은 광섬유의 NA에 의해 주로 결정됨
 - SLED와 다중모드 광섬유를 사용할 경우 결합효율 $\approx 1\%$, ELED와 다중모드 광섬유를 사용할 경우 결합효율 $\approx 10\%$
- LD와 단일모드 광섬유를 결합할 때
 - 직접 결합할 경우 결합효율 $\approx 10\%$
 - 광섬유의 끝부분을 렌즈 모양으로 하면 결합효율 $\approx 80\%$
- **후방반사(back reflection)**
 - LD의 출력이 광섬유 단면 등에서 반사되어 레이저다이오드의 광공진기로 다시 입력되는 현상
 - 약간의 후방반사($<0.1\%$)가 일어나더라도, 레이저의 동작을 불안정하게 하여 시스템 성능에 나쁜 영향을 미칠 수 있으므로 주의해야 함
 - 고속 장거리 광통신에서 사용할 경우, LD와 광섬유 사이에 광 단방향기(optical isolator)를 사용하여 후방방사 방지

외부 변조기와 광송신기

■ 패키징과 신뢰성

- 광송신기는 외부의 충격과 환경의 변화로부터 발광소자와 여러 회로를 보호하기 위해 하나의 모듈로 패키징
- LD 패키지는 1m 정도의 접속용 광섬유(pigtail)를 포함
- 사용자는 접속용 광섬유를 이용하여 광섬유끼리만 결합하면 됨
- DIL 패키지와 나비형 패키지가 많이 사용됨



- GaAs LED 평균 수명 $\sim 10^7$ 시간(상온)
- InGaAsP LD 평균 수명 $\sim 10^6$ (≈ 100 년) 시간(상온)

수고하셨습니다.

