

[실험 4 결과 보고서]

2분반 12161756 윤성호

0. 실험 제목

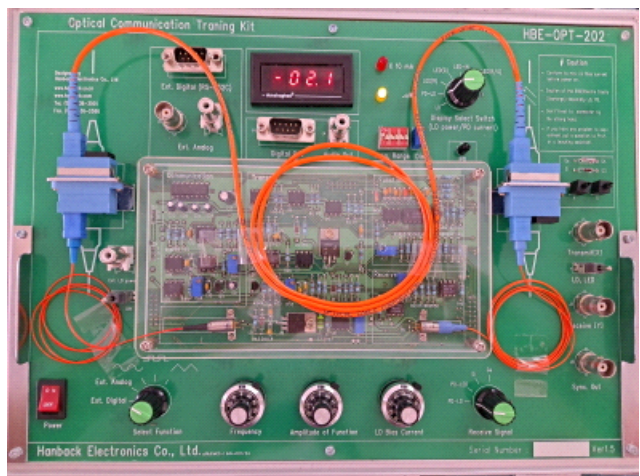
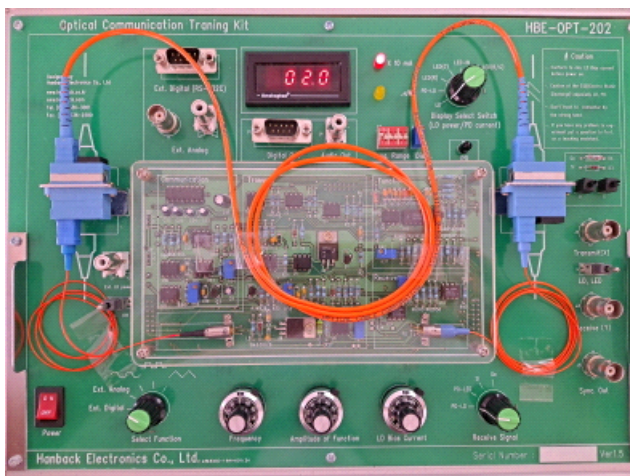
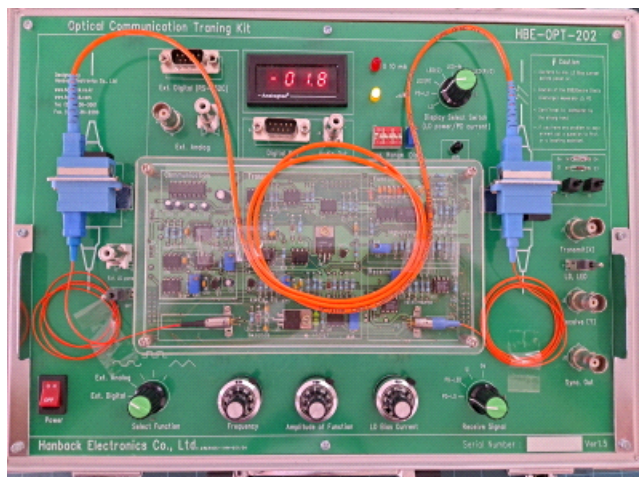
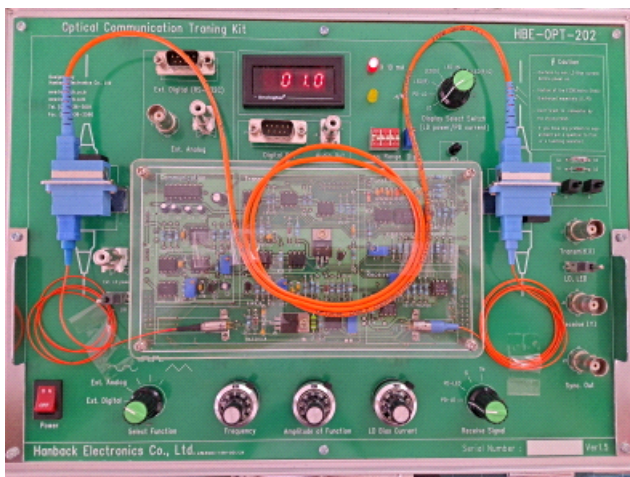
- 광-전기 변환 소자인 PD 특성 측정

1. LD power에 따른 PD current 변화

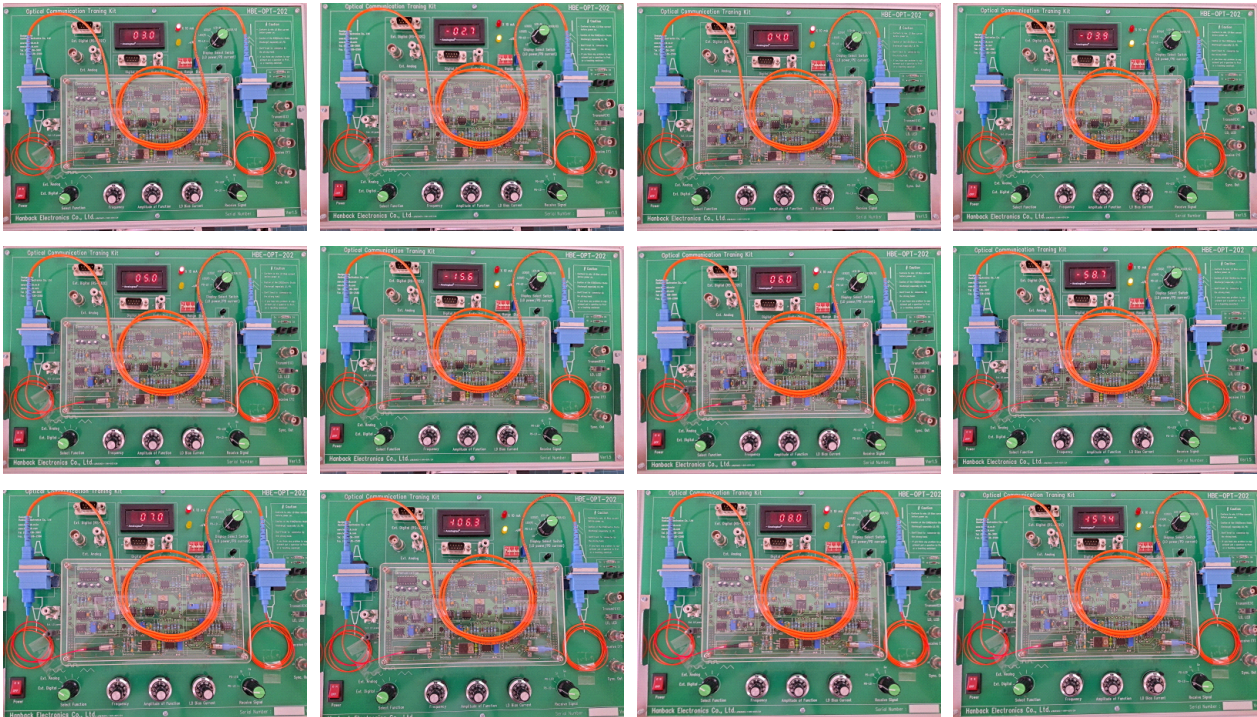
LD power	PD current (mA)
10	18
20	21
30	27
40	39
50	156
60	587
70	1063
80	1574

[표 1] LD power에 따른 PD current

가. LD power가 40에서 50으로 넘어갈 때 급격히 증가하기 시작하였다.



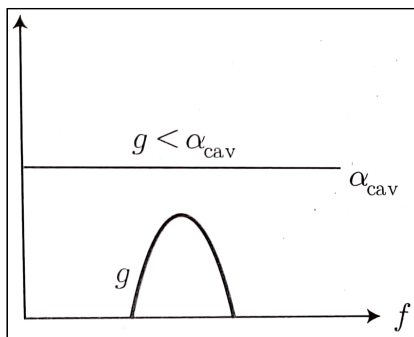
[그림 1~4] 좌 : input LD power / 우 : PD current



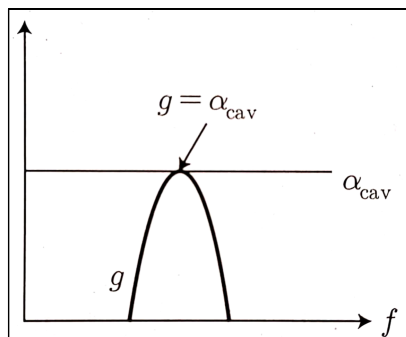
[그림 5~16] input LD power, PD current (변갈아가며 배치)

2. 특정 LD input signal에서 PD에 흐르는 current가 급격히 상승하는 이유는?

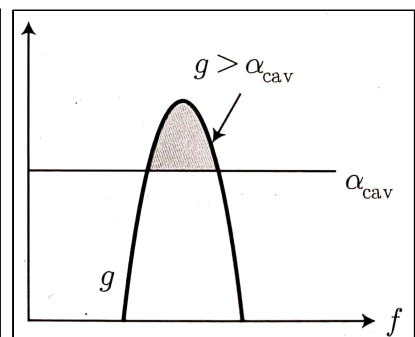
- 가. 40~50 구간에 LD의 문턱 전류(threshold current)가 있었기 때문이다.
- 나. LD에 문턱 전류 이상의 input을 가하면 출력 전력이 급증하게 된다. 이 출력 전력을 입력으로 하여 전류를 출력하는 PD는 동적 범위(dynamic range)내에서 출력 전류는 입력 전력에 비례한다.
- 다. 따라서 LD 출력 전력이 급증하면 PD의 current 또한 급증하는 것이다.
- 라. 아래는 LD의 입력 전류에 따른 출력 전력 변화에 대한 추가 설명이다.
- 마. 순방향으로 흐르는 전류가 작으면 활성 영역으로 주입되는 캐리어 농도가 낮아 밀도 반전이 일어나지 않는다. 따라서 레이저 동작이 일어나지 않고 LD는 자연 방출에 의해 LED처럼 동작하게 된다. 이때의 이득 계수 g 와 광공진기의 전체 손실 계수 α_{cav} 를 비교하면 [그림 17]과 같다.
- 바. 문턱 전류는 밀도반전이 일어나 레이저 동작이 시작되는 순방향 전류를 나타내며, [그림 18]과 같이 이득 계수가 손실 계수와 일치할 때의 전류를 말한다.
- 사. 이 상태에서 순방향 전류가 I_{th} 를 넘어 더 증가하면 [그림 19]와 같이 이득 계수가 손실 계수보다 커져 레이저로 동작하게 된다. 일단 레이저로 동작하게 되면 순방향 전류를 조금만 증가해도 LED 동작 때와는 달리 출력 광전력이 크게 증가한다.



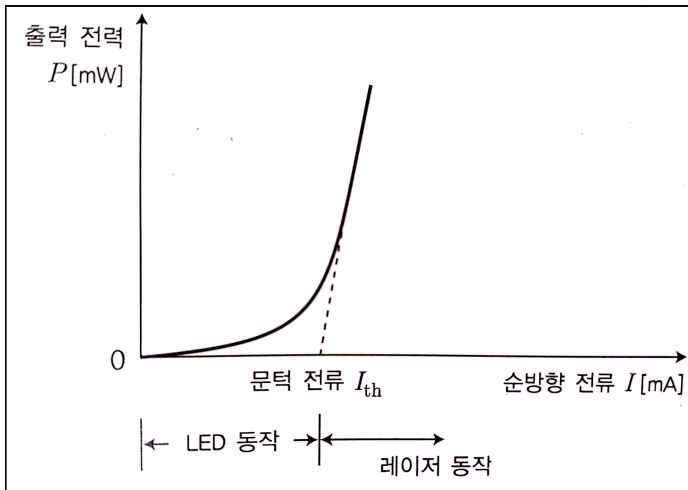
[그림 17] LED 동작



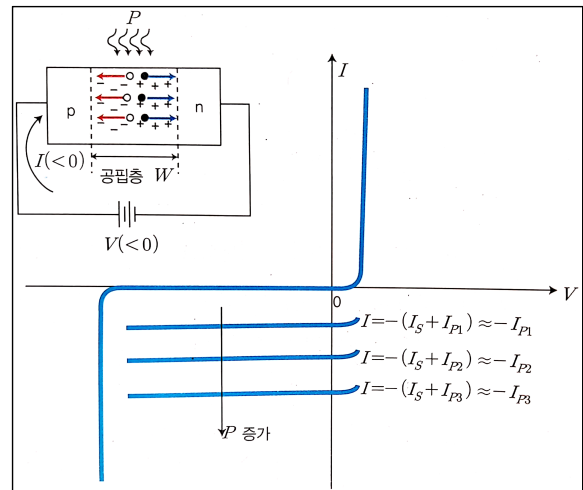
[그림 18] 문턱 동작



[그림 19] 레이저 동작



[그림 20] LD의 $P-I$ 곡선



[그림 21] 역방향 다이오드에 빛(전력 P) 입사

3. 조사 : PD 사용시 zero 또는 역 바이어스를 걸어주는 이유는?

- 가. 이상적인 다이오드에서는 역전압이 인가되면 전류의 흐름이 전혀 없다. 그러나 실제 다이오드는 역전압이 인가되면 공핍층이 넓어지고, 공핍층에서 열에너지에 의해 발생한 캐리어가 공핍층의 내부 전계에 의해 양쪽 극으로 끌려나감으로써 아주 작은 전류가 발생하게 된다.
- 나. $I = I_s(e^{V/V_T} - 1)$: p-n 접합 다이오드로 흐르는 전류 I 와 다이오드 양단사이 전압 V 간 관계식이다. 역전압일 때 흐르는 역전류는 위 식에서 $V < 0$ 인 경우이므로 $I \approx -I_s$ 로 거의 일정한 값이다. 역전류의 크기가 I_s 와 거의 같기 때문에 I_s 를 역방향 포화 전류라 부른다. (-) 부호는 전류의 흐름이 n형에서 p형으로 흐르는 것을 나타낸다.
- 라. I_s 는 공정 조건과 접합 면적에 따라 값이 달라지지만, 일반적인 반도체 공정에서 I_s 는 $10^{-15} \sim 10^{-12} A$ 정도로 아주 작은 값이므로 무시할 수 있는 경우가 많다. 하지만, I_s 는 온도에 아주 민감하여 동작 온도가 증가하면 많이 증가한다.
- 마. 동작 온도가 일정하더라도 역전류가 많이 증가할 수 있는 또 다른 원인은 빛이다. [그림 21]과 같이 외부에서 빛을 쏘이면 다이오드의 역전류는 빛의 세기에 따라 증가하게 된다. 즉 광자가 광다이오드에 도달하면 반도체 원자에 구속되어 있던 전자 중 일부는 광자에너지에 의해 결합을 깨고 캐리어를 생성하게 된다. 이 캐리어들은 공핍층에 형성되어 있는 내부 전계에 의해 전자는 n형으로, 정공은 p형으로 빠르게 휩쓸려 가면서 전류가 발생하게 된다. 이것이 바로 p-n 다이오드를 이용하여 광검출 소자를 제작하는 기본 원리가 된다.
- 바. 즉, 일정한 역전압이 걸린 p-n 다이오드에 빛을 인가하면 빛의 세기에 따라 다이오드 밖으로 흐르는 전류가 증가하므로 광검출 소자의 역할을 하게 된다.