

[실험 4 예비 보고서]

2분반 12161756 윤성호

1. 실험 제목

- 광-전기 변환 소자인 PD 특성 측정

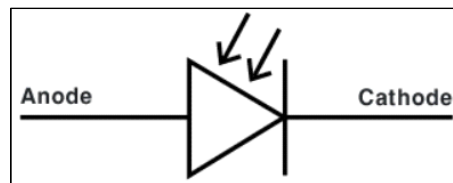
2. 실험 목적

- 가. PD 특성을 이해한다.
- 나. PD를 이용하여 광세기를 측정한다.

3. 이론

가. PD(photodiode)

- 1) 빛에너지를 전기에너지로 변환하는 광센서의 한 종류이며 반도체의 PN 접합부에 광검출 기능을 추가한 것이다.



[그림 1] 포토다이오드의 기호

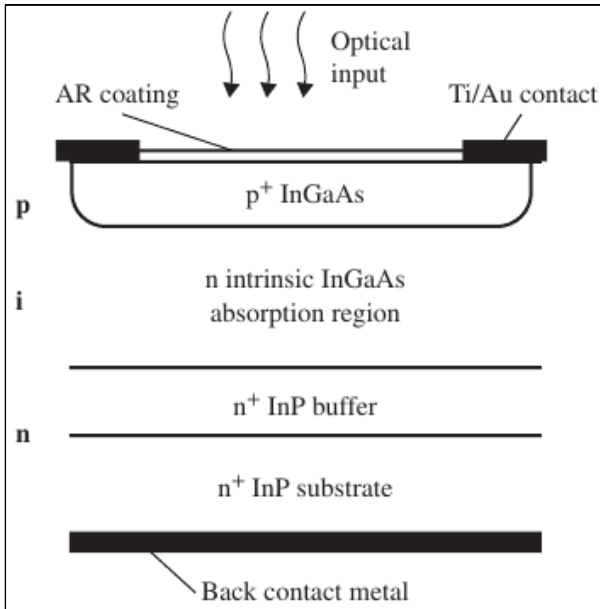
- 2) anode : 양공이 전하 운반자인 p형 반도체 쪽의 단자를 말한다.
- 3) cathode : 전자가 전하 운반자인 n형 반도체 쪽의 단자를 말한다.
- 4) 광기전력효과(photovoltaic effect) : 반도체의 PN 접합부나 정류작용이 있는 금속과 반도체의 경계면에 강한 빛을 입사시키면, 전자와 정공이 접촉전위차 때문에 분리되어 양쪽 물질에서 서로 다른 종류의 전기가 나타나는 '광기전력'이 발생하는 현상을 말한다. 이 때 만들어지는 전류가 광전류이며 PD에 응용된다. 전압의 크기는 빛의 강도에 거의 비례한다.

나. PD의 특성

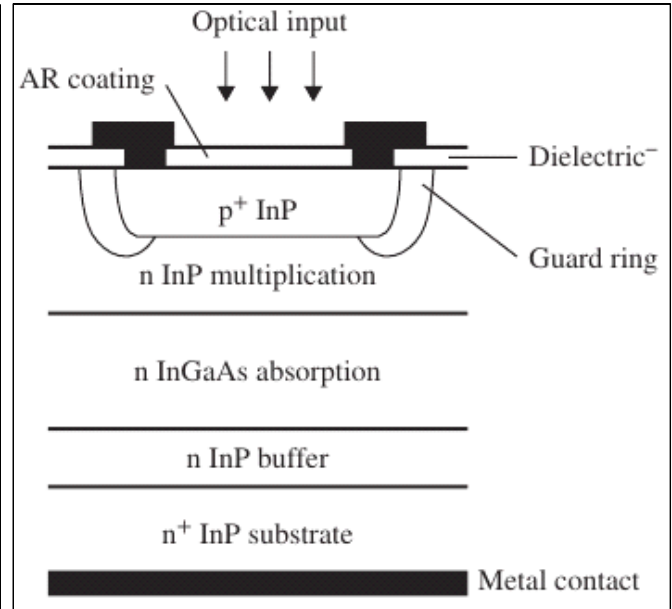
- 1) 응답속도가 빠르다.
- 2) 감도 파장이 넓다.
- 3) 광전류의 직진성이 양호하다.
- 4) PD는 LED와 유사하게 생겼으나 반대의 기능을 한다. PD는 빛에너지를 전기에너지로 전환하지만, LED는 전기에너지를 빛에너지로 전환한다. 회로기호 또한 PD의 경우 화살표가 안으로 들어오고 LED는 밖으로 나가는 모양을 한다.
- 5) PD에는 PIN 다이오드, APD 다이오드 등이 주로 사용된다.

다. PIN-PD

- 1) PN 접합의 사이에 캐리어가 적어 저항이 큰 진성반도체의 층(i)이 끼인 구조를 가진 PD이다.
- 2) PIN-PD는 최적의 양자 효율성과 대역폭을 쉽게 맞출 수 있어 PN-PD보다 성능이 뛰어나다.
- 3) PIN-PD에서의 광자 흡수는 역방향 바이어스 전압을 걸어 줄 때 고갈되는 i층에서 주로 발생한다. 따라서 발생된 carrier를 모으는 과정은 빠르고 효율적으로 진행된다. 내재 대역폭은 매우 높고 외부 효과에 의해 제한되는 전체 대역폭은 수십 GHz가 될 수 있다.



[그림 2] InGaAs-InP pin 포토다이오드 구조



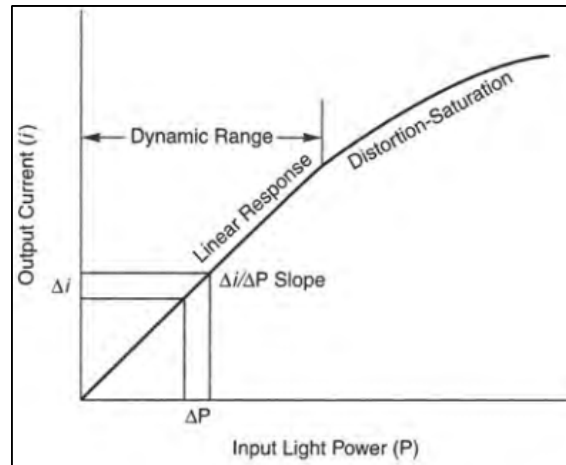
[그림 3] SAM InP/InGaAs APD 구조

라. APD(Avalanche Photodiode)

- 1) 눈사태 현상을 이용하여 광신호를 전기 신호로 변환하는 다이오드를 말한다. PN접합 중간에 사태(avalanche)층이 있는 구조이다.
- 2) 눈사태 현상(avalanche phenomenon) : 광 다이오드에 빛을 입사하여 역 바이어스 전압을 증가시키면, 발생한 전자가 높은 전계에서 가속되어 원자와 충돌하여 새로운 전자와 정공이 발생하는 현상을 말한다.
- 3) APD는 광통신용 수광 소자로 이용된다. 재료로는 게르마늄(Ge), 규소(Si), 백금-갈륨비소(Pt-GaAs) 등이 사용된다.
- 4) 다이오드 자신의 눈사태 효과에 의한 전류 증폭 작용으로 신호 대 잡음비(S/N)가 높고, 고속 디지털 회선에 적합하지만 바이어스 전압이 높으며, 온도 의존성이 크다는 등의 결점이 있다.

마. 선형응답(Linearity of Response)

- 1) 이상적인 검출기에서 출력 전류는 입력 power를 곱한 상수가 된다. 이것을 선형응답이라 하며 실제로는 동적 범위(dynamic range)라 불리는 입력 power의 제한된 범위에서만 나타난다. 그 이후 출력은 이전과 달리 완만하게 증가한다.
- 2) [그림 4]에서처럼 초반부에서는 입력 빛이 Δp 만큼의 증가하면, 검출기의 출력 전류는 Δi 만큼 증가한다. power가 검출기의 dynamic range를 초과하면 각각의 추가 광자는 더 이상 출력 전류에서 많은 전자를 생성하지 않아 포화 상태에 이른다.



[그림 4] 검출기에서의
입력 power - 출력 전류 그래프

- 참고 문헌 -

[1] Shiva Kumar, M. Jamal Deen (2014). Fiber Optic Communications: Fundamentals and Applications. (pp.203-212). Wiley : UK.

[2] Jeff Hecht (2015). Understanding Fiber Optics. (pp.261-262). CreateSpace Independent Publishing Platform : USA.

[3] 두산백과. 포토다이오드[photodiode].
http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000866146
(2020-10-07 방문).

[4] 네이버 지식백과. 양극(Anode). (물리학백과, 한국물리학회 제공).
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=4389843&cid=60217&categoryId=60217> (2020-10-07 방문).

[5] 네이버 지식백과. APD. (IT용어사전, 한국정보통신기술협회)
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=862252&cid=42346&categoryId=42346> (2020-10-07 방문).