

[실험 2 예비 보고서]

2분반 12161756 윤성호

1. 실험 제목

- 전기-광 변환 소자인 LED 특성 측정

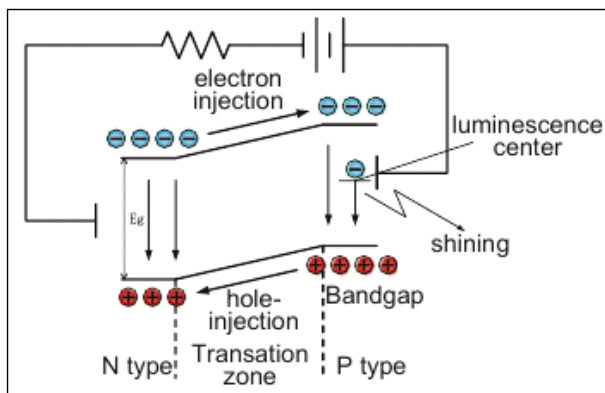
2. 실험 목적

- 가. 광학소자를 이해한다.
- 나. LED 특성을 이해한다.
- 다. LED를 이용하여 광신호를 전송한다.
- 라. 광신호 수신소자의 주파수 특성을 정성적으로 살펴본다.

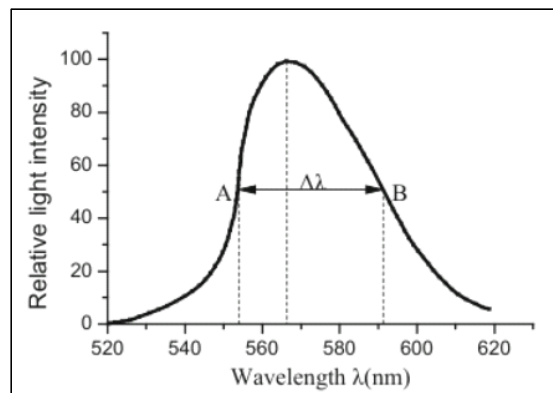
3. 이론

가. LED(Light Emitting Diode)

- 1) 반도체의 p-n 접합 구조를 이용하여 소수캐리어(전자 또는 정공)를 만들고 이들을 재결합하여 발광하는 다이오드이다.
- 2) 전기장발광(전기 루미네선스) : 반도체에 전압을 가할 때 생기는 발광현상으로 1923년 탄화규소 결정의 발광 관측에서 비롯되었다.
- 3) LED에 적합한 재료와 조건
 - 가) 발광파장이 가시영역 또는 근적외영역에 존재
 - 나) 발광효율이 높음
 - 다) p-n접합의 제작이 가능
 - 라) 비소화갈륨(GaAs), 인화갈륨(GaP), 갈륨-비소-인($GaAs_{1-x}P_x$),
 - 마) 갈륨-알루미늄-비소($Ga_{1-x}Al_xAs$), 인화인듐(InP), 인듐-갈륨-인($In_{1-x}Ga_xP$) 등이 이용된다.
- 4) 발광기구는 크게 (1)자유 캐리어의 재결합에 의한 것과, (2)불순물 발광중심에서의 재결합에 의한 것으로 나눌 수 있다.
- 5) (1)에서 발광파장은 대략 hc/E_g 와 같다. 이때 c 는 광속, h 는 플랑크 상수, E_g 는 band gap의 에너지 폭이며, 비소화갈륨의 경우에는 파장이 약 900nm인 근적외광이 나온다. 갈륨-비소-인에서는 인의 함유량 증가에 따라 E_g 가 증가하므로 가시발광 다이오드가 된다.
- 6) (2)에서는 발광파장은 반도체에 첨가되는 불순물의 종류에 따라 다르다. 인화갈륨인 경우, 아연 및 산소 원자가 관여하는 발광은 적색(파장 700nm)이고, 질소 원자가 관여하는 발광은 녹색(파장 550nm)이다.



[그림 1] LED 발광 원리



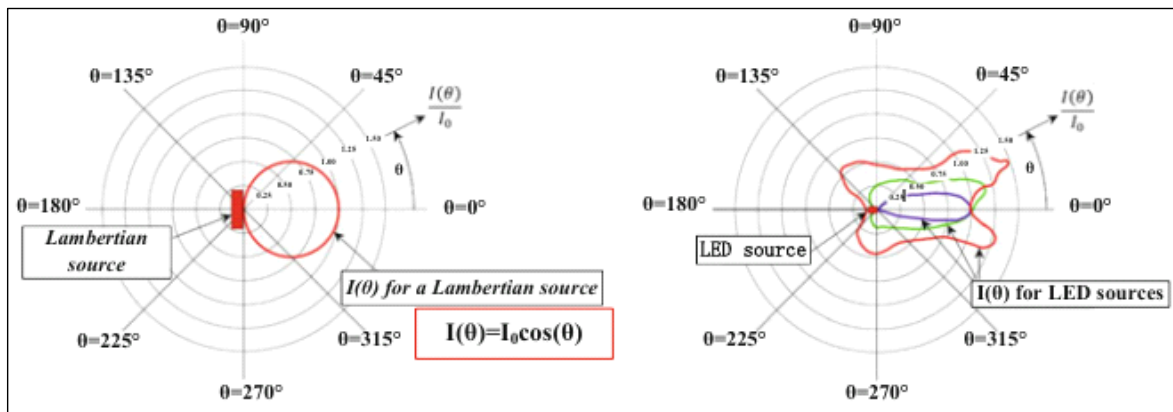
[그림 2] LED의 방출 스펙트럼

나. LED의 스펙트럼 특성

- 1) LED의 방출 파장 피크는 주입 전류와 온도에 따라 달라진다. 일반적으로 III-V 반도체의 band-gap은 온도가 상승할수록 감소하기 때문에 LED의 방출 파장 피크는 작동 온도가 상승할수록 길어진다.
- 2) LED의 스펙트럼 폭 역시 일반적으로 온도와 주입 전류에 따라 증가한다.

다. LED의 광 분포 특성

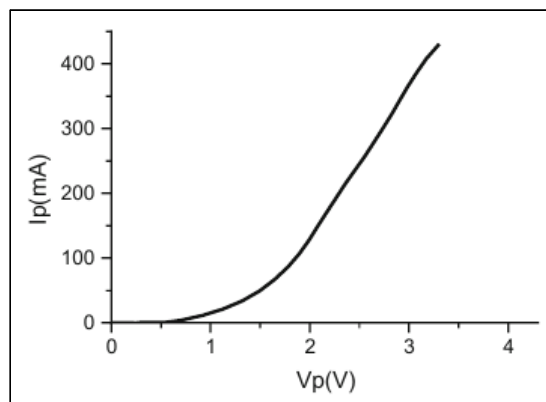
- 1) 서로 다른 렌즈 캡슐화 구조를 채택하면 LED의 발광 효율이 개선될 뿐만 아니라 특정 광 분포 특성도 얻을 수 있다. 광학 중심은 보통 LED 구조의 중심에서 5° 이상 벗어나는 40° 이상의 각도로 측정할 때는 큰 문제가 없지만, 시야각이 40° 미만일 때는 편차를 고려해야 한다.
- 2) 국제조명위원회(CIE)는 측정 시 광학 중심보다는 구조 중심부를 사용하는 것을 권고하고 있다.



[그림 3] LED의 광 분포 특성 곡선

라. LED의 전류-전압 특성

- 1) LED는 p-n 접합 다이오드의 일종으로 $I_F = I_S(e^{\frac{qV_F}{nKT}} - 1)$ 식을 따른다. 일반적인 정류 다이오드처럼 LED는 단방향 전도성, 비선형 특성 등의 특성을 갖고 있다.
- 2) 내부 전기장 인한 저항에 대응하기에 외부 전기장은 충분하지 않기 때문에 [그림 4]에서처럼 전압이 너무 작을 때는 LED의 전류도 작고 저항도 커진다.
- 3) 또한, 전압이 일정 값을 초과하면 내부 전기장이 크게 약해지고 저항이 매우 작아지기 때문에 전류가 기하급수적으로 증가한다.



[그림 4] 고출력 LED의 전압-전류 특성 곡선

마. LED의 출력 특성

- 1) LED 내부에서 출력 광학 전력 P_{out} 은 드라이브 전류에 선형 비례하며, 출력 효율을 η 라 할 때

$$P_{out} = \frac{\eta h\nu I}{e}$$

식이 성립한다. 이 효율성은 LED의 기하학에 의해 크게 영향을 받는다. 내부 양자

효율 또는 입사 전자에 대한 방출 광자의 비율은 대개 100%에 가깝다.

- 2) 전류 대비 방출되는 빛은 LED의 변조에 일부 비선형성을 유발한다. 이 LED 비선형성은 재료 특성과 기기 구성 모두에서 발생하며, 높은 구동 전류를 가할시 발열로 인해 더 악화될 수 있다. 잔류 비선형성은 통신 시스템에 사용되는 모든 LED의 중요한 특성이다. 가장자리 emitter는 일반적으로 선형성이 낮다.

- 참고 문헌 -

[1] Nan Chi (2018). LED-Based Visible Light Communications.

2.1.2 The LED's Luminescence Mechanism, 2.1.3 Characteristic of a LED (pp.15-22).

China : Springer.

[2] 두산백과. 발광다이오드

http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000843213

(2020-09-20 방문).