



8주 1강.

# 광통신용 발광소자, 반도체의 특성



승실사이버대학교

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

\* 사용서체 : 나눔글꼴

# 광통신용 발광소자의 일반적 특성

## ■ 변조 속도

- 발광소자를 전기적 신호로 얼마나 빨리 점멸할 수 있는지가 중요
- 전기적 신호는 정보를 싣고 있으므로, 전기적 신호에 따라 발광소자의 광 출력이 변할 수 있는 속도가 중요
- 일반적으로 LED보다 레이저다이오드의 변조 속도가 더 높음
- 전기적 신호에 따라 발광소자의 온/오프(On/Off)가 결정되는 것을 직접 변조(direct modulation)라고 함
- 직접 변조는 변조된 광신호의 주파수가 시간에 따라 변하는 처핑(chirping) 현상이 발생하여 수 Gb/s의 높은 비트율에서는 사용되지 않음

# 광통신용 발광소자의 일반적 특성

## ■ 변조 속도

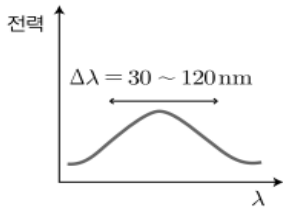
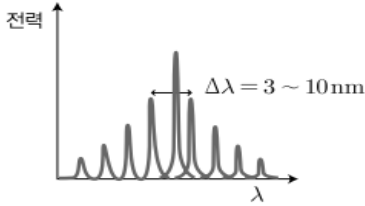
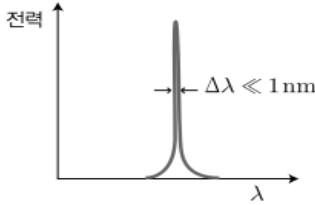
➤ 처핑 현상은 외부 변조기를 사용하면 제거 가능

- 외부 변조기는 항상 켜진 발광소자로부터 일정한 광전력을 받아 전기적 신호에 따라 광신호의 세기를 변화시켜 출력 시킴

참고) 출력 파장, 출력 스펙트럼 폭 및 변조 속도 외에 온도와 같은 외부 환경이 변해도 안정적인 광 출력이 나오는 것도 중요

# 광통신용 발광소자의 일반적 특성

## LED와 레이저다이오드의 일반적인 특성 비교

	LED	레이저다이오드
특성	비간섭성(incoherent)	가간섭성(coherent)
	광공진기 구조가 없음	광공진기 구조를 갖춤
	다중모드 광섬유와 함께 사용	주로 단일모드 광섬유와 함께 사용
	최고 비트율 $B_{max} \sim 100\text{Mbps}$	최고 비트율 $B_{max} \sim \text{수십 Gbps}$
	출력 방사 형태가 상대적으로 넓음	출력 방사 형태가 상대적으로 좁음
장점	제조가 쉬움	고속으로 변조 가능
	제조 비용이 낮음	스펙트럼 폭이 좁음
	송신기 회로가 단순함	광섬유와 결합 효율이 높음
	온도의 영향에 상대적으로 덜 민감	장거리 송신 가능
전형적인 출력 스펙트럼 모양과 스펙트럼 폭		<p>다중모드 LD</p>  <p>단일모드 LD</p> 

# 광통신용 발광소자의 일반적 특성

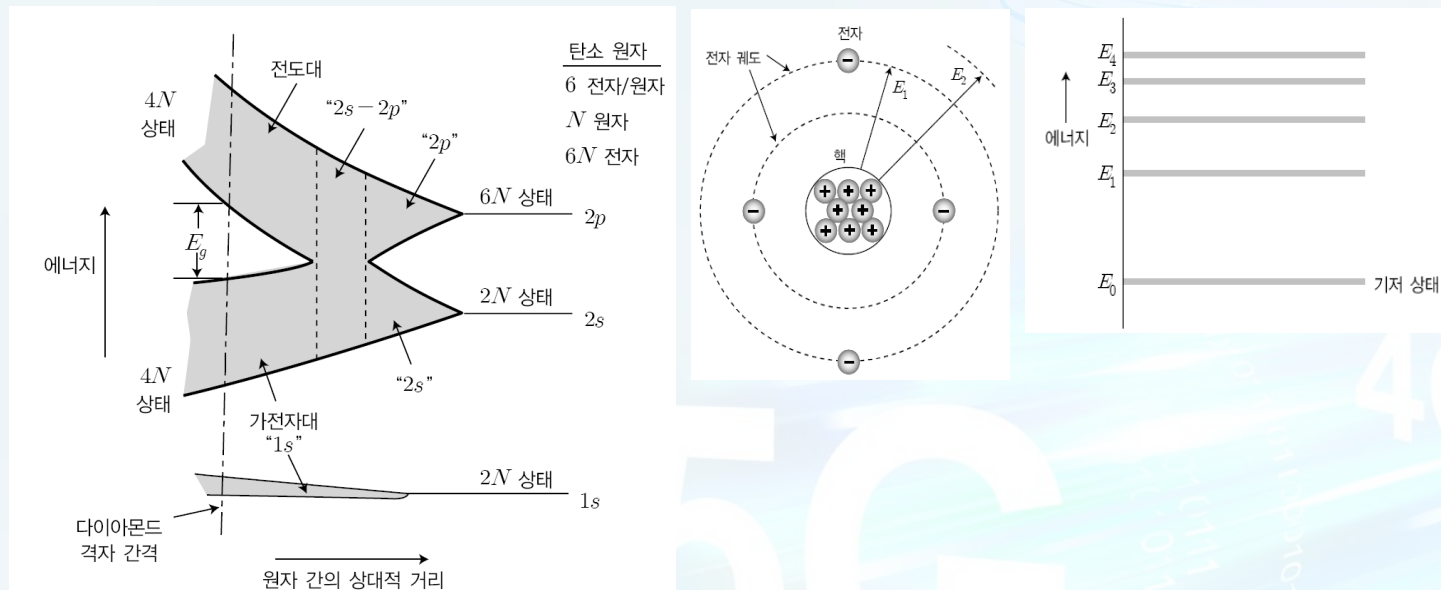
- LED와 레이저다이오드의 일반적인 특성 비교
    - LED는 제조하기가 쉽고 값이 싸지만, 수십 km 이상의 장거리 광통신에는 적합하지 않음
    - 레이저다이오드는 가격이 비싸지만, 출력 스펙트럼 폭이 좁아 분산의 영향을 덜 받는다. 장거리 광통신에서는 예외 없이 사용함
- 또한, 방향성이 좋아 광섬유로 결합하기가 쉬우므로, 단일모드 광섬유와 함께 사용함

# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드

- 에너지 밴드 다이어그램과 반도체
  - 반도체는 수많은 원자가 규칙적으로 촘촘히 배열된 고체
  - 각 원자에 속한 최외각전자 역시 무수히 많이 존재하므로, 이들 전자의 에너지 준위를 하나의 연속적인 에너지 값을 갖는 에너지 밴드(energy band)로 취급

# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드

예) 원자 간격에 따른 탄소의 에너지 다이어그램



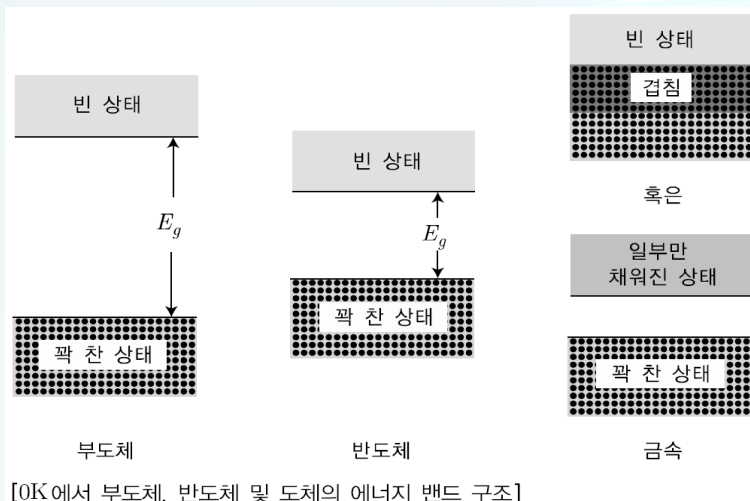
- 다이아몬드 격자 간격에서는 외각의 에너지 상태가 전도대와 가전자대로 분리됨
- 전도대와 가전자대 사이의 에너지 차를 에너지 갭  $E_g$ 라 함
- 에너지 갭  $E_g$ 는 금지 밴드라고도 하며, 이 밴드에서는 에너지 상태가 존재하지 않음



# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드

## ■ 도체, 부도체 및 반도체

- 모든 고체는 전기적 특성에 따라 도체(conductor), 부도체(nonconductor), 반도체(semiconductor)로 분류
- 전기적 특성은 에너지 갭  $E_g$ 에 의해 결정됨
- 부도체의  $E_g$ 는 반도체의  $E_g$ 보다 훨씬 큼

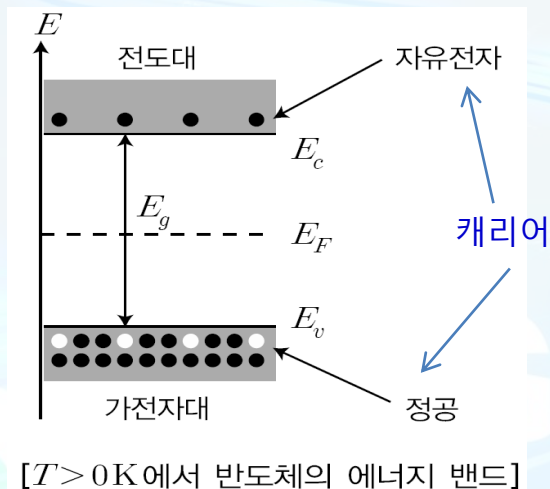




# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드

## ➤ 반도체의 특성

- 반도체는  $E_g$ 가 상대적으로 작아 외부에서 열이나 빛을 받으면 가전자대의 일부 전자가 전도대에 여기(excited)
  - ➔ 반도체의 전도성이 크게 변화
- 도펀트(dopant)라 불리는 소량의 불순물을 첨가하여 전도성을 쉽게 조절 가능
- 전도대에 도달한 전자는 어떤 원자에도 구속받지 않으므로 자유전자라 부름
- 가전자대에서 전자의 빈자리는 정공이라 하며, (+) 전하를 띄는 입자로 취급



# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드



- 진성 반도체와 불순물 반도체
  - 진성반도체
    - 어떤 불순물도 첨가되지 않은 순수 반도체
    - 상온에서 발생하는 캐리어 수가 작아 전기 소자로 이용하기 어려움
  - 불순물 반도체
    - 도펀트라 불리는 소량의 불순물을 첨가하여 캐리어 수를 증가시킨 반도체
    - 캐리어 수는 첨가한 도펀트 수와 거의 동일
    - 도펀트의 종류에 따라 n형 또는 p형 반도체가 됨

# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드



- 진성 반도체와 불순물 반도체
  - n형 반도체
    - 자유전자가 진성 반도체보다 도펀트 수만큼 증가한 경우
    - 다수 캐리어는 전자, 소수 캐리어는 정공
  - p형 반도체
    - 정공이 진성 반도체보다 도펀트 수만큼 증가한 경우
    - 다수 캐리어는 정공, 소수 캐리어는 전자

# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드



## ■ 캐리어 농도

- 전도대의 자유전자가 에너지를 잃으면, 가전자대로 떨어지면서 정공과 재결합(recombination)되어 전자와 정공의 한 쌍이 사라짐
- 열평형 상태에서는 가전자대의 전자가 전도대로 도달하는 비율과 재결합하는 비율이 일정하므로, 캐리어의 농도는 일정하게 유지

5G

4G

3G

# 반도체의 특성과 p-n 접합 다이오드

- 직접 밴드갭과 간접 밴드갭
  - 전자가 전도대에서 가전자대로, 또는 가전자대에서 전도대로 천이하기 위해서는 에너지뿐만 아니라 운동량 (momentum)도 함께 보존되어야 함
  - 전자의 운동량은 파동-입자의 이중성에 의해 전자의 파수  $k$ 와 직접 비례
  - E-k 다이어그램 : 에너지와 파수와의 관계를 나타냄

수고하셨습니다.

