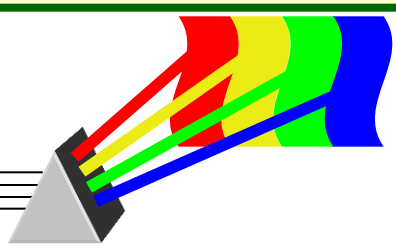
Advanced Semiconductor Engineering

물리전자공학

Chapter 04
Energy Band of Semiconductor



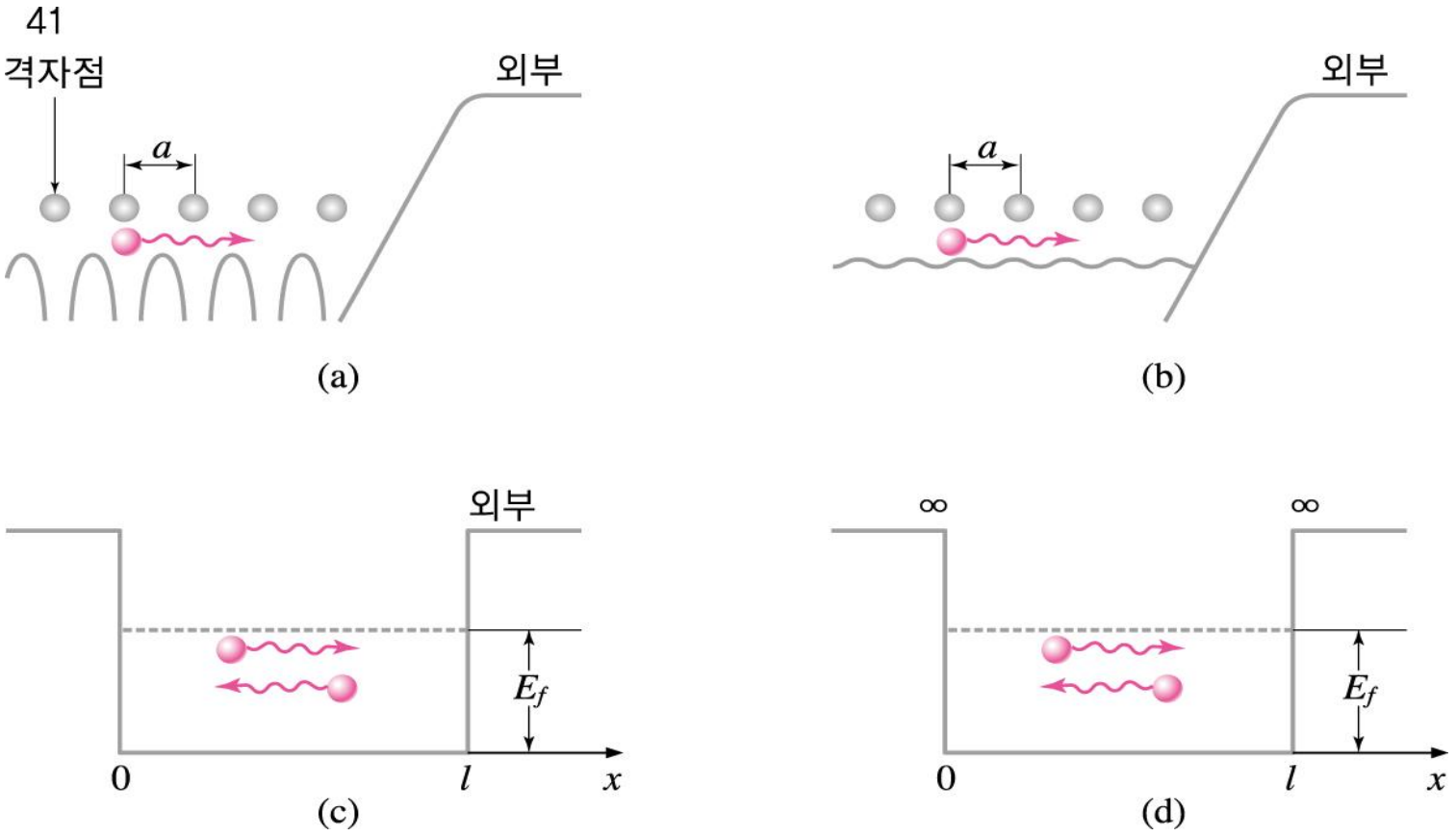
Chapter 04
Energy Band of Semiconductor

- 제 1 절 : 고체의 에너지 준위
- 제 2 절 : 에너지 갭
- 제 3 절 : 간접 및 직접 천이형 반도체
- 제 4 절 : 불순물 반도체의 에너지 대

4-1 고체의 에너지 준위

1.고체의 에너지

*금속의 자유전자 근사 모델



4-1 고체의 에너지 준위

1. 고체의 에너지

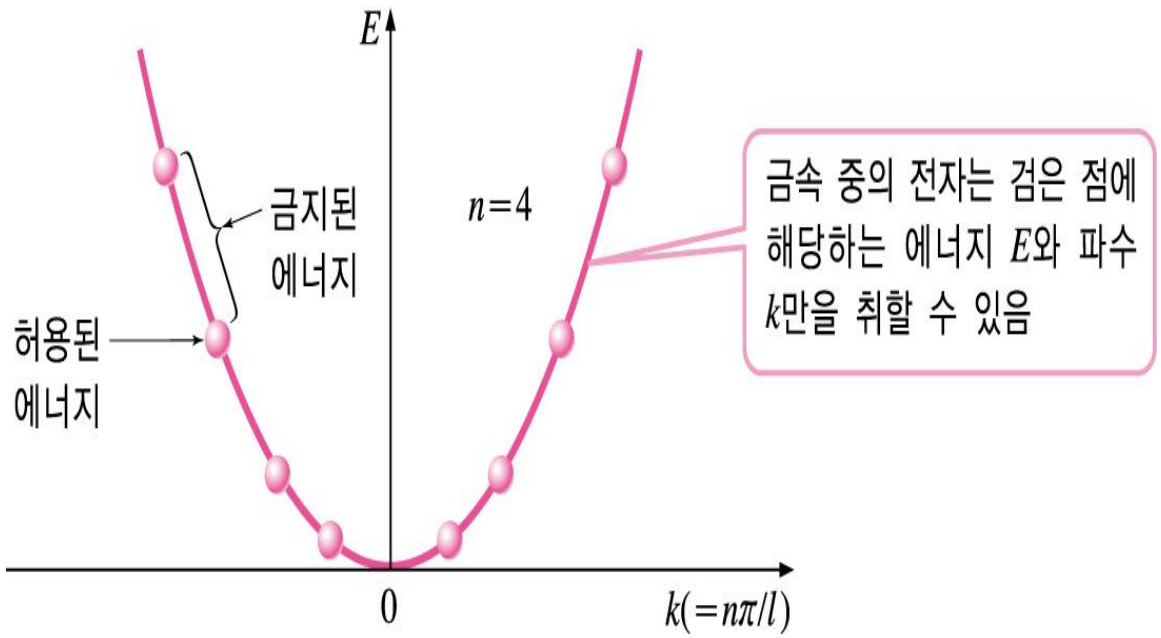
*고체 내 전자의 에너지 준위

$$\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Phi + E\Phi = 0$$

$$E = \frac{P^2}{2m} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$$

$$\Phi = Ae^{ikx} + Be^{-ikx}$$

$$k = \frac{n\pi}{l} \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2 \cdots)$$

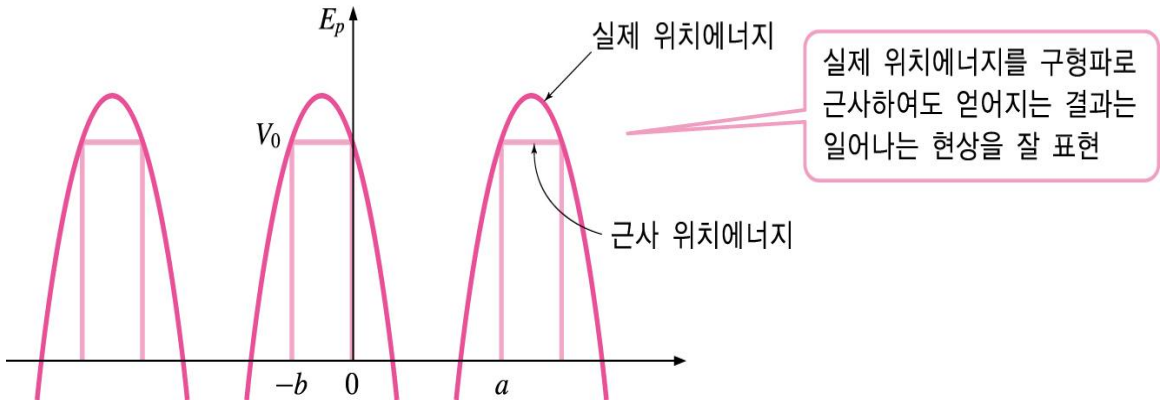


4-1 고체의 에너지 준위

2. 고체의 주기적 에너지 준위

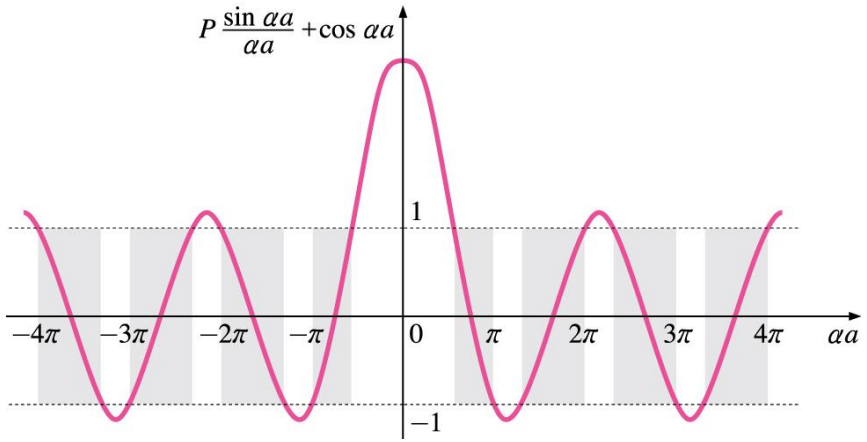
-주기적 위치에너지의 근사

46



- 주기적 위치에너지의 해의 범위

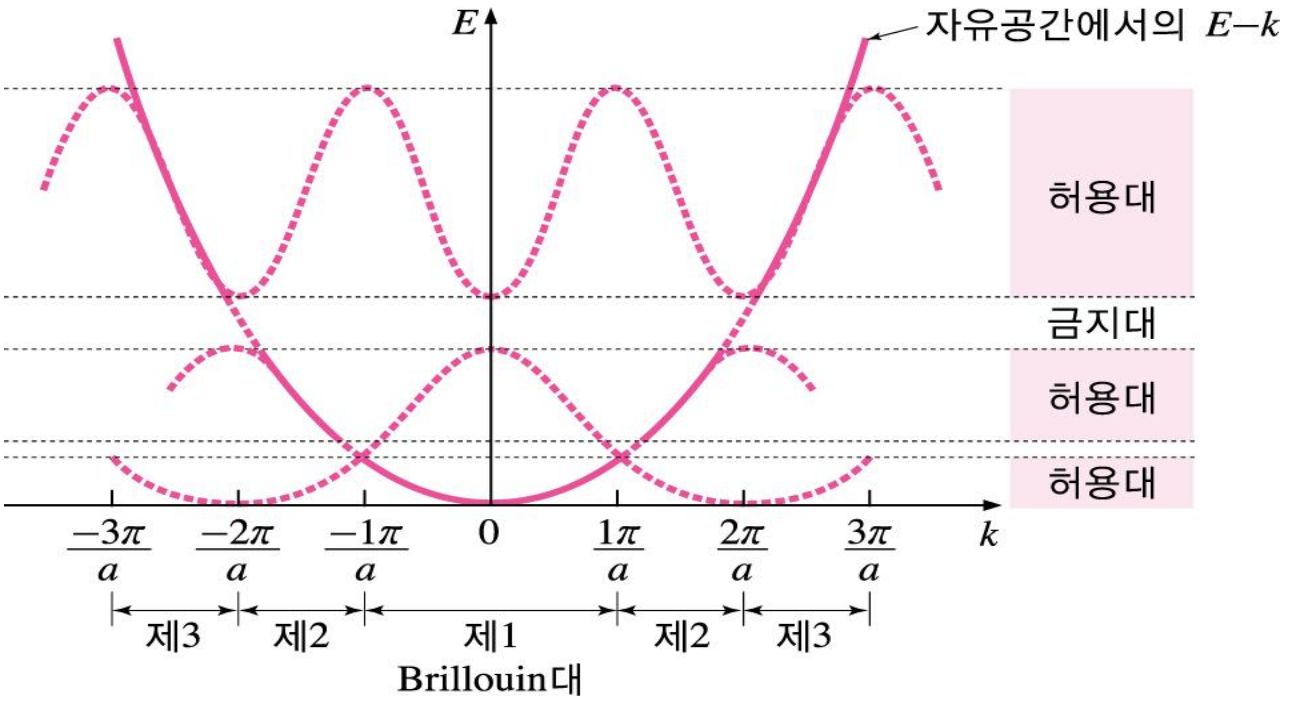
47



4-1 고체의 에너지 준위

1. 고체의 에너지

- 브록흐(Block)의 정리
- 크로니히 페니(Kronig-Penney)의 모델
- 에너지와 파수와의 관계 곡선



4-1 고체의 에너지 준위

2. 결정 중 전자의 운동

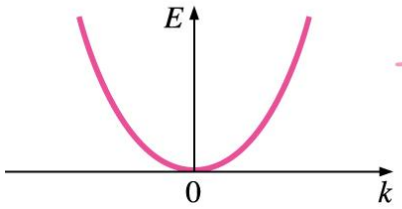
-진공 중 자유전자의 실효질량 : 결정 내 전자에 힘이 작용하면 전자의 운동에 대한 관성질량을 의미

m^*은 $E-k$곡선의 곡률반경에 거의 비례

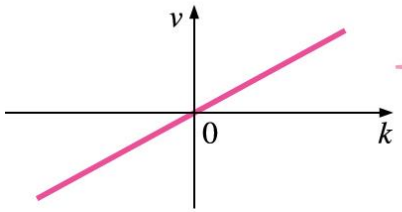
$$m^* = \hbar^2 \left(\frac{d^2E}{dk^2} \right)^{-1}$$

$$v = \frac{1}{\hbar} \frac{dE}{dk}$$

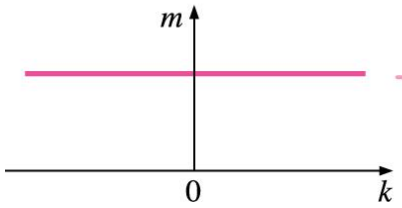
$$F = \hbar^2 \left(\frac{d^2E}{dk^2} \right)^{-1} a$$



전자가 취할 수 있는 에너지



v의 (+), (−)는 예를 들어 전자 운동의 방향이 오른쪽, 왼쪽에 대응

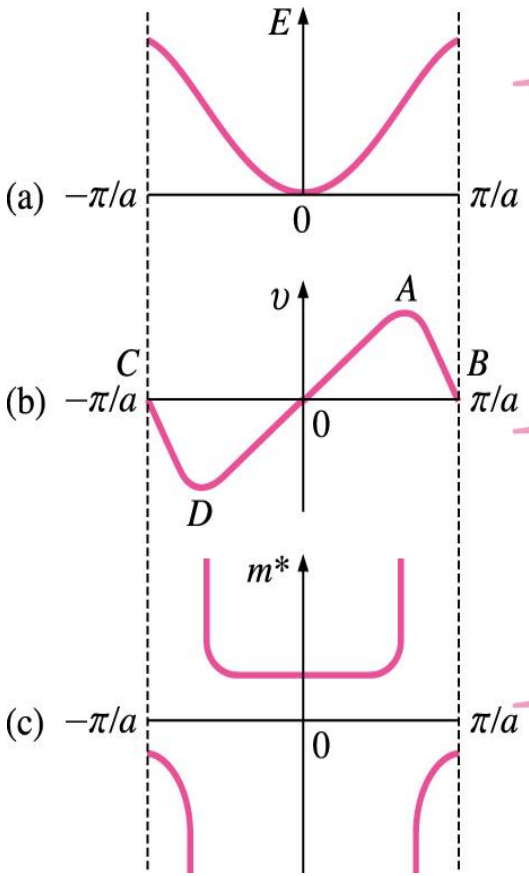


m은 일정한 값이며 통상적인 개념과 같음

4-1 고체의 에너지 준위

2. 결정 중 전자의 운동

- 반도체의 주기적 포텐셜 내의 전자
- 전자의 에너지, 속도, 유효질량



이 E–k 관계는 예를 들어 그림 4–5의 가장 아랫부분에 해당

전자가 가속되어 k가 어느 값 이상으로 커지면 υ는 반대로 감소

위와 같은 관계는 m^*이 일정하지 않고 때로는 k가 음의 값도 가질 수 있음

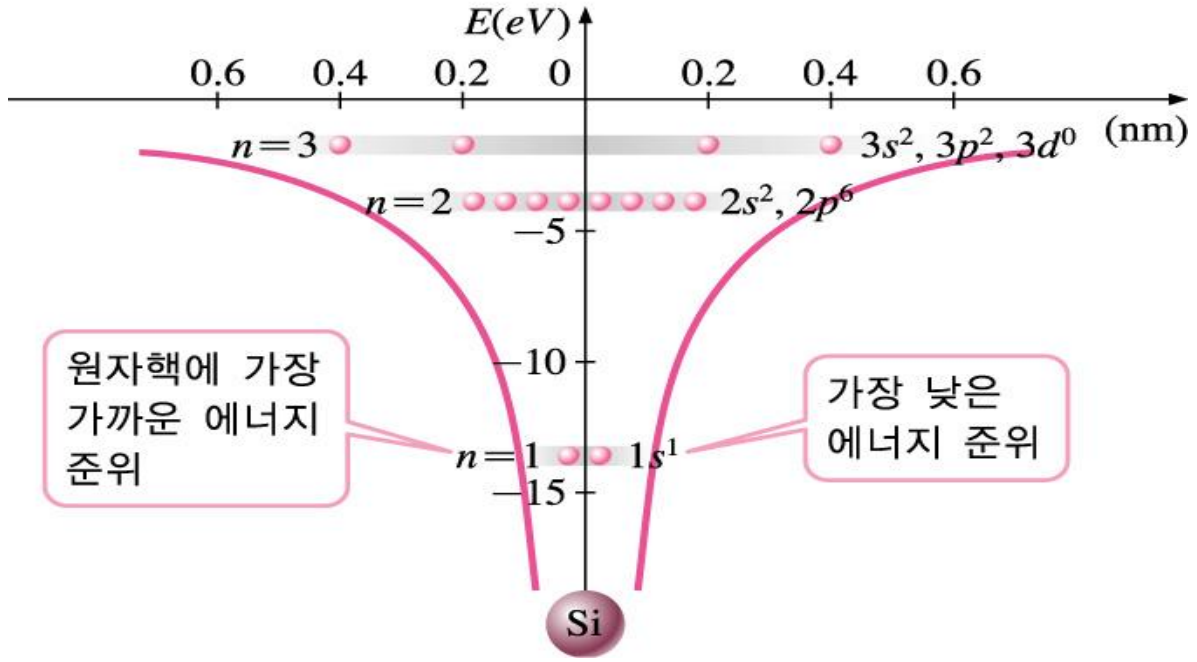
4.1 고체의 에너지 준위

3. 반도체의 에너지

1. 원자결합에 의한 위치에너지

- 원자가 충분히 떨어져 있어 고립된 상태에 있는 경우

* 두 원자가 결합하여 나타나는 위치에너지의 합성



4.1 고체의 에너지 준위

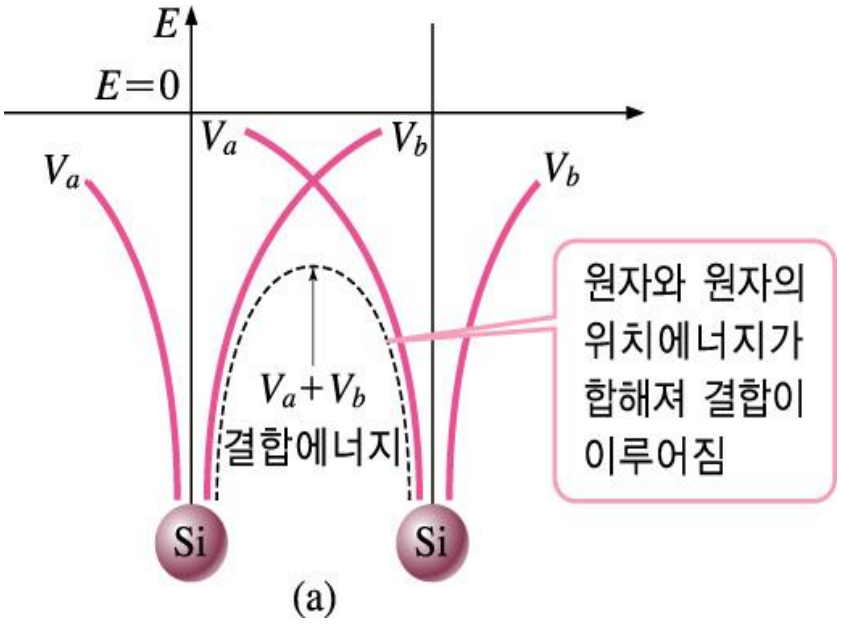
3. 반도체의 에너지

- 두 개의 원자가 인접하여 존재하는 경우

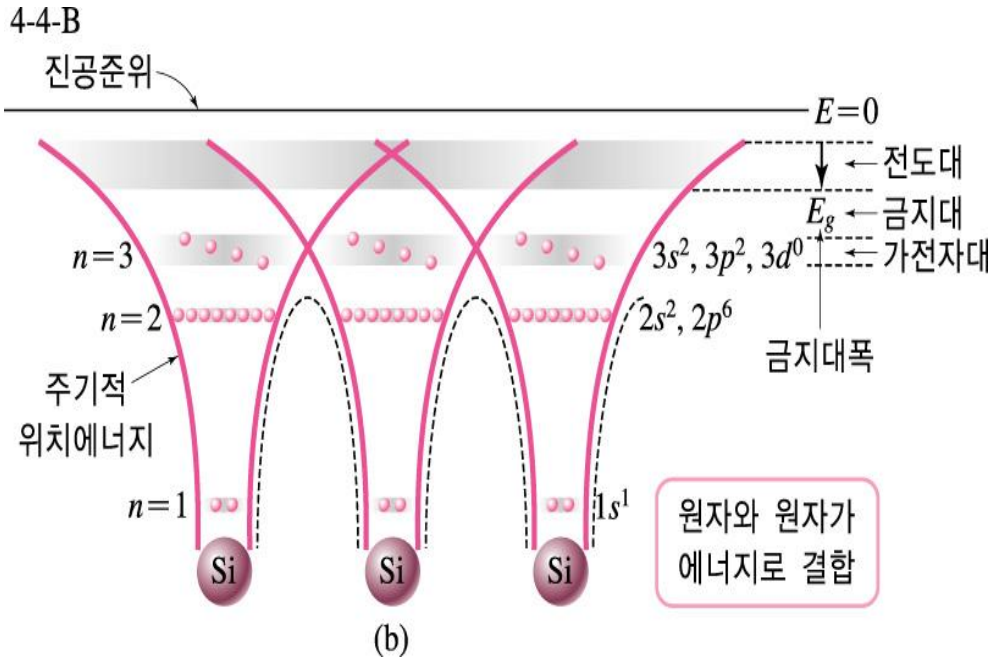
  * 원자 내 전자들은 서로 결합하여 결정 물질을 이루는 결합력으로 작용

  * 인접 원자 내 전자의 위치 에너지

4-4-A



4-4-B

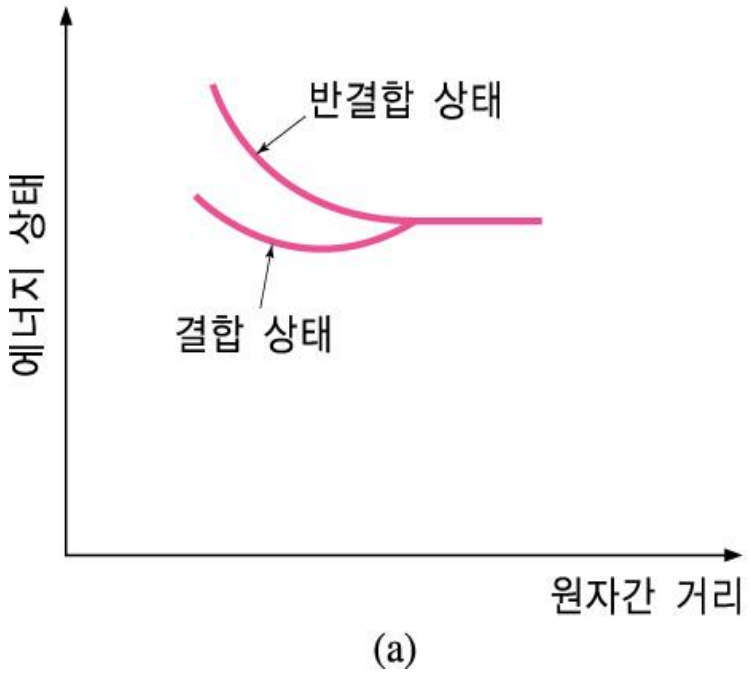


4.1 고체의 에너지 준위

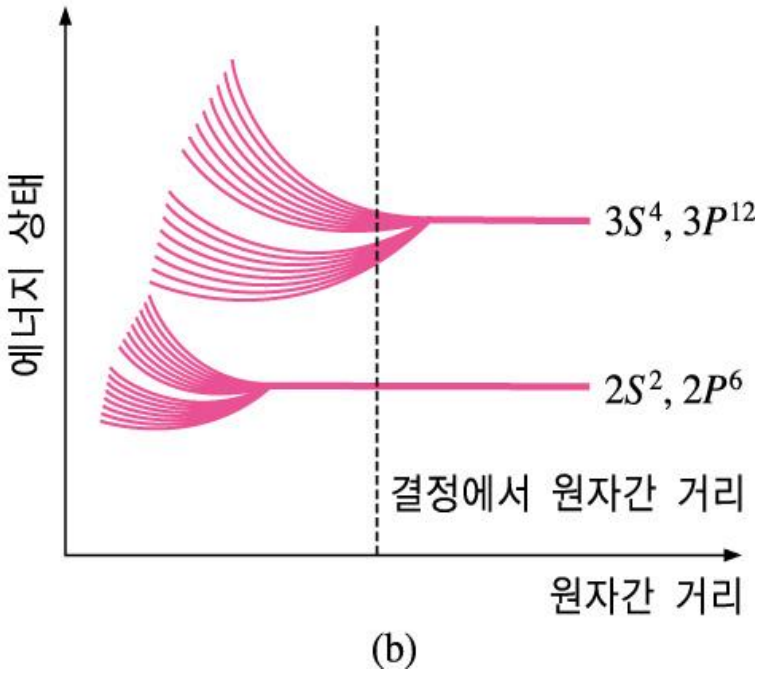
3. 반도체의 에너지

* 에너지대의 구조

- 원자 사이의 거리가 가까워질수록 각각의 상태(state)가 두 개의 상태로 쪼개지는데, 결합하지 않는 상태 와 결합



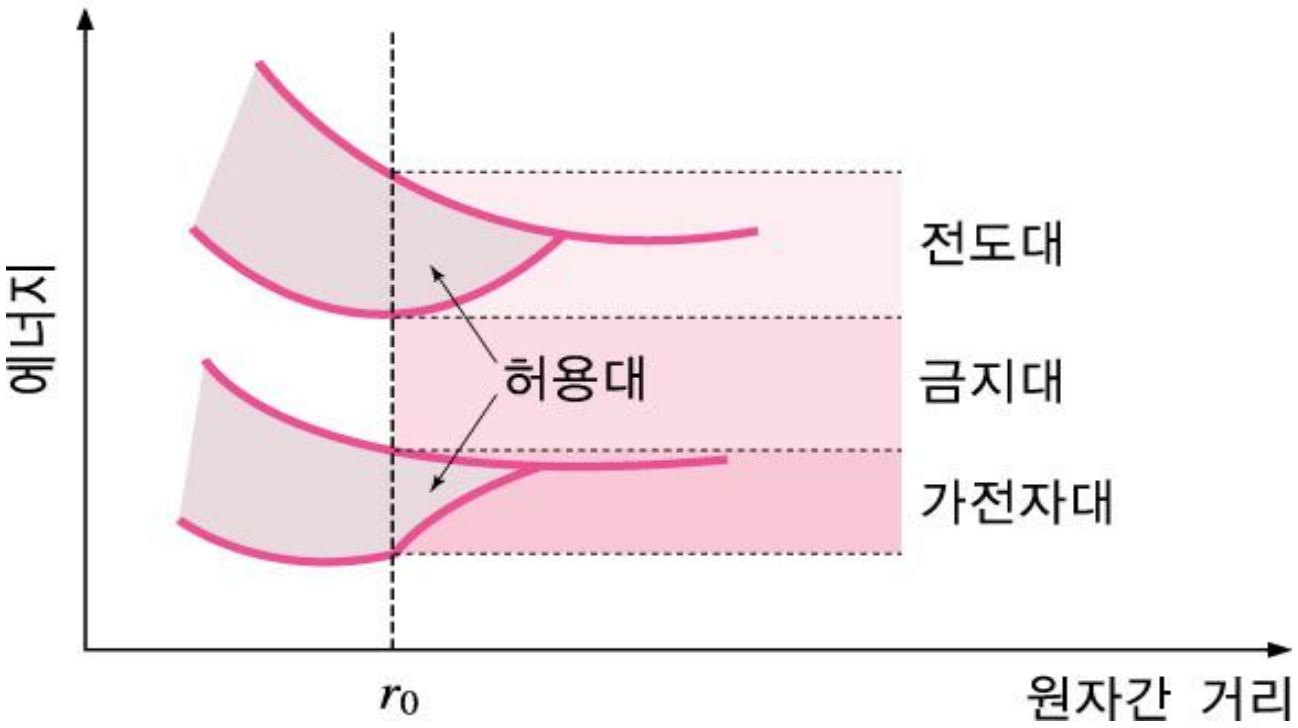
(a)



(b)

4.1 고체의 에너지 준위

3. 반도체의 에너지

- 10개의 내부 전자는 특정한 원자핵에 단단히 속박되어 있고 4개의 최외각 전자만 서로 궤도를 공유하여 최외각 전자만 결합여 참여

4-6