

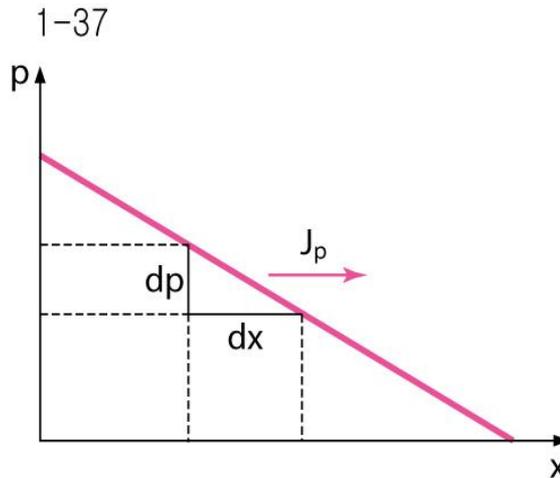
5.7 확산현상

- 확산(擴散 : diffusion)

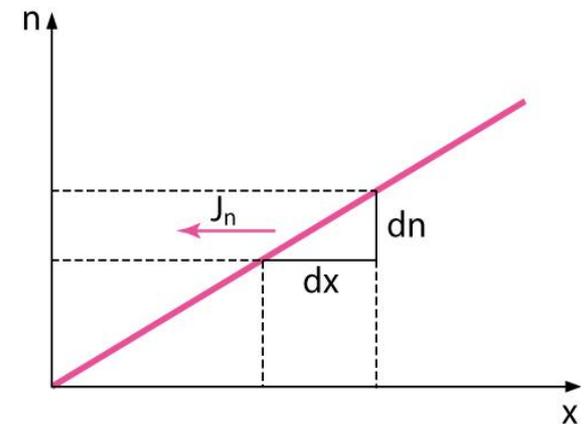
- * 농도차에 의한 기울기가 반도체 내에 존재하면 농도가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 입자의 이동이 생겨 전류 발생
- * 캐리어 농도의 기울기에 의한 입자의 이동 현상

$$J_p = -eD_p \frac{dp}{dx}$$

$$J_n = eD_n \frac{dn}{dx}$$



(a) 정공의 확산



(a) 전자의 확산

5.7 확산현상

- 확산(擴散 : diffusion)

- * 확산에 의한 전류를 확산전류(diffusion current)
- * 확산작용은 반도체의 도전현상에서 중요한 요소
- * 입자의 열운동, 광 조사 등에 의해서도 확산작용이 발생

$$i_p = -eD_p \frac{dp}{dx} \quad D_p = (l_p)^2/\tau_p \quad D_n = (l_n)^2/\tau_n$$

$$i_n = eD_n \frac{dn}{dx} \quad i_{np} = i_n + i_p = e \left(D_n \frac{dn}{dx} - D_p \frac{dp}{dx} \right)$$

$$i_{dp} = eD_p \mu_p E - eD_p \frac{dp}{dx} \quad i_{dn} = eD_n \mu_n E + eD_n \frac{dn}{dx}$$

$$i = i_{dn} + i_{dp} = e(n\mu_n + p\mu_p)E + e \left(D_n \frac{dn}{dx} - D_p \frac{dp}{dx} \right)$$

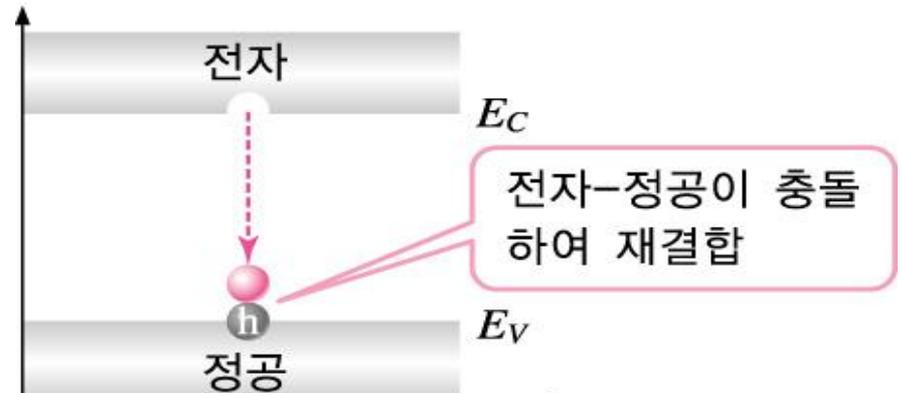
5.8 열생성과 재결합

- 반도체에 광을 조사(照射)하면 열평형상태는 무너지고 과잉 캐리어가 발생
- 열생성(熱生成)
 - * 열에너지를 받아 전자-정공 쌍이 발생하는 것
 - * 열생성률(熱生成率) 단위체적당 캐리어의 생성 개수
 - * 열생성률 [쌍/cm³.s] $G_{th} = \gamma_{th} \phi = \gamma_{th} I_e$
- 재결합(再結合 : recombination) 전자-정공이 충돌하여 그들이 갖고 있던 에너지를 잃고 소멸하는 과정
 - * 재결합률 $R = \gamma_{re}$
 - * 재결합 직접재결합, 간접재결합

5.8 열생성과 재결합

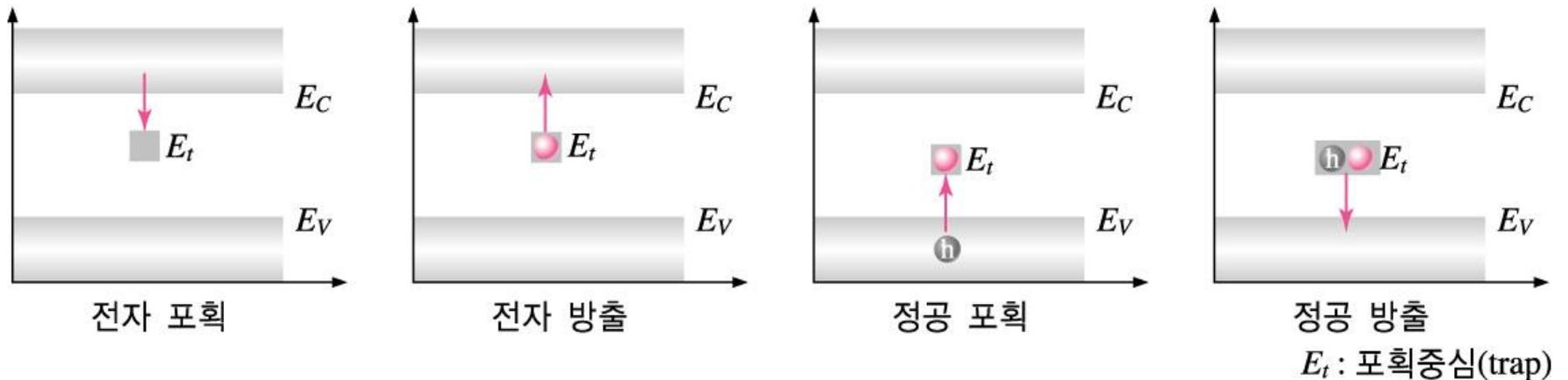
- 반도체의 직접재결합

* 준위와 준위(band to band) 사이의 재결합
5-8



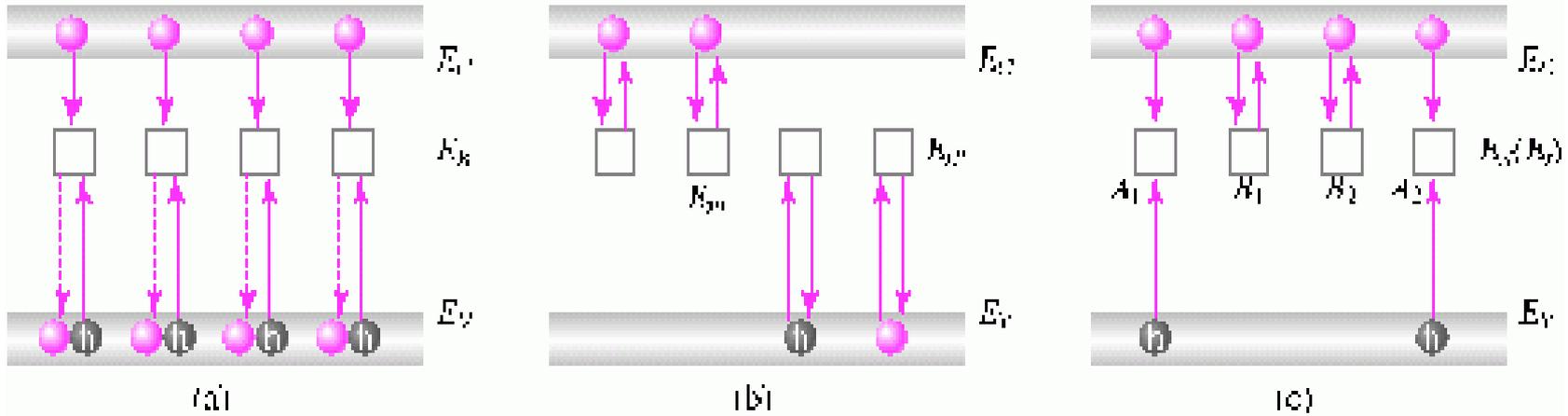
- 반도체의 간접재결합

5-9



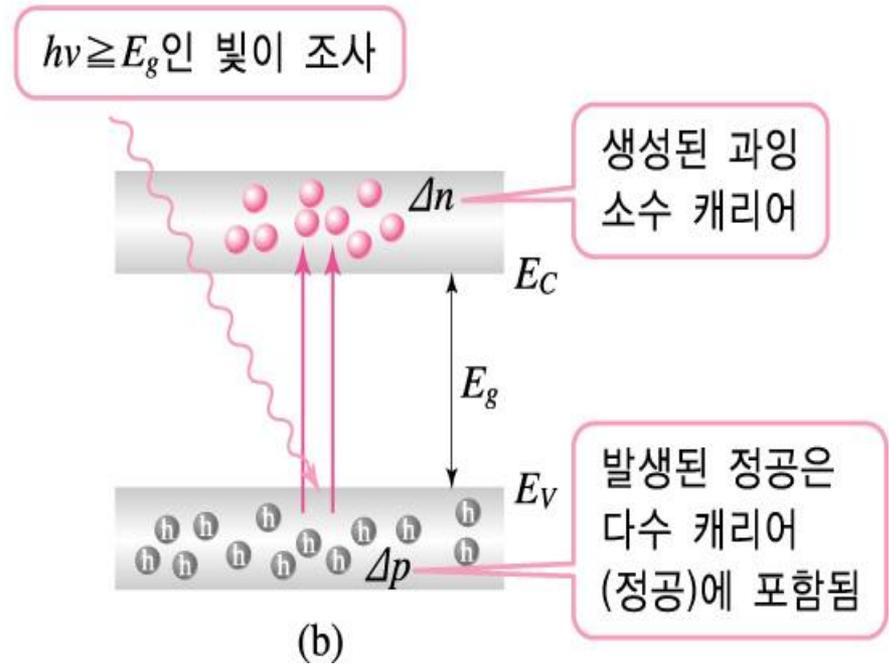
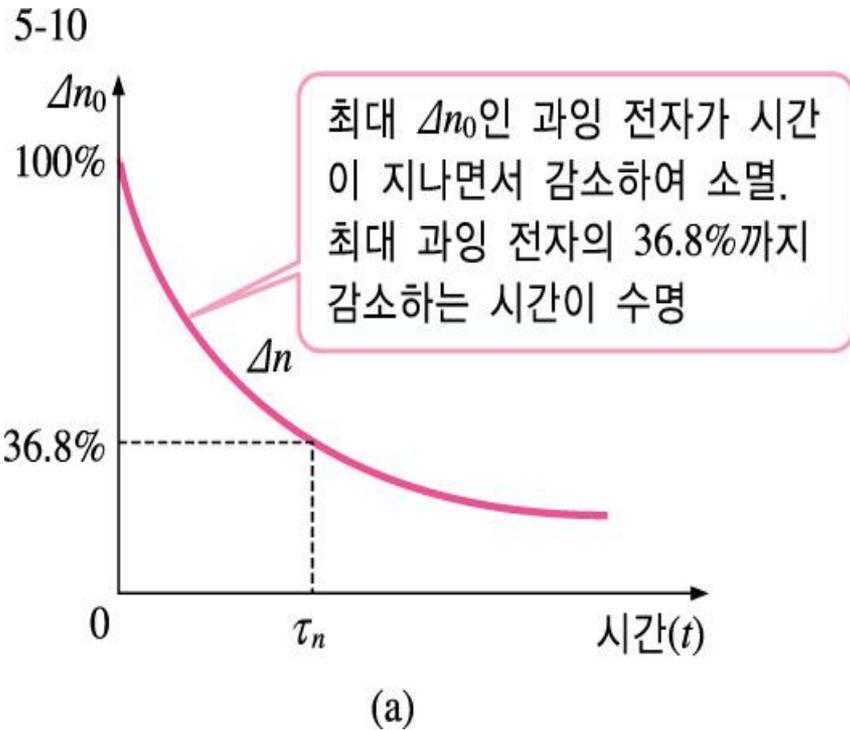
5.8 열생성과 재결합

- 재결합중심과 포획중심



5.9 과잉소수 캐리어

- 반도체에 에너지 갭 보다 큰 에너지를 갖는 빛이 입사된 경우
- 과잉소수캐리어의 발생과 소멸



5.9 과잉소수 캐리어

1. 과잉 캐리어 농도

- 단위체적당 과잉 캐리어의 시간적 변화율

$$\frac{\partial \Delta n}{\partial t} = G_{th} - R$$

$$\frac{\partial \Delta n}{\partial t} = \gamma n_0 \dot{p}_0 - \gamma (n_0 + \Delta n)(\dot{p}_0 + \Delta \dot{p})$$

$$= \gamma n_0 \dot{p}_0 - \gamma [n_0 \dot{p}_0 + (n_0 + \dot{p}_0) \Delta n + \Delta n \Delta \dot{p}]$$

$$= -\gamma (n_0 + \dot{p}_0) \Delta n$$

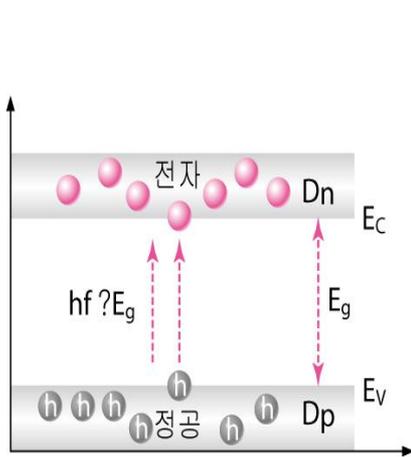
$$\Delta n = \Delta n_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_n}\right) \quad \tau_n = \frac{1}{\gamma (n_0 + \dot{p}_0)}$$

5.9 과잉소수 캐리어

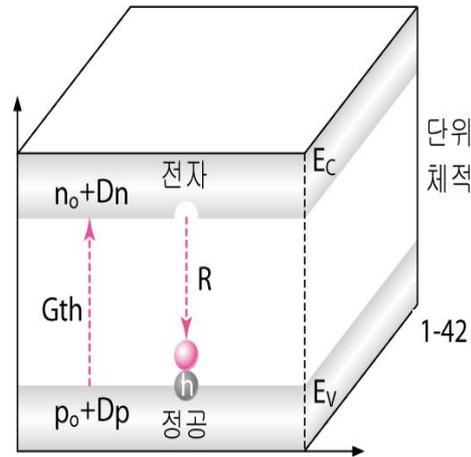
1. 과잉 캐리어 농도

- 과잉 캐리어의 소멸

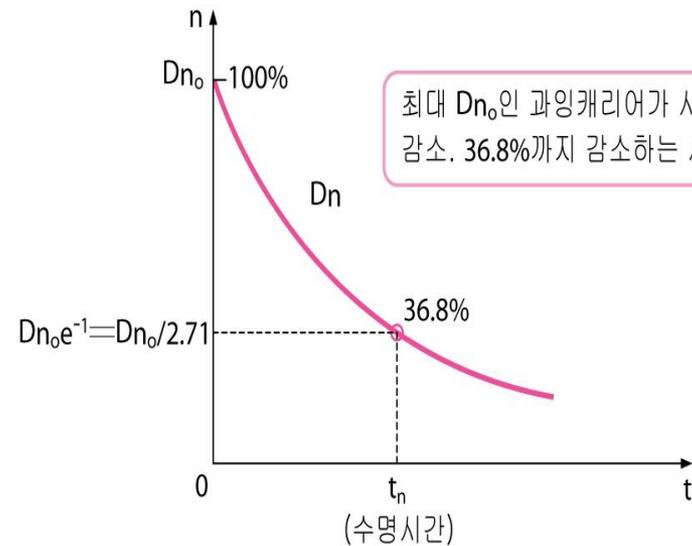
1-41



(a)

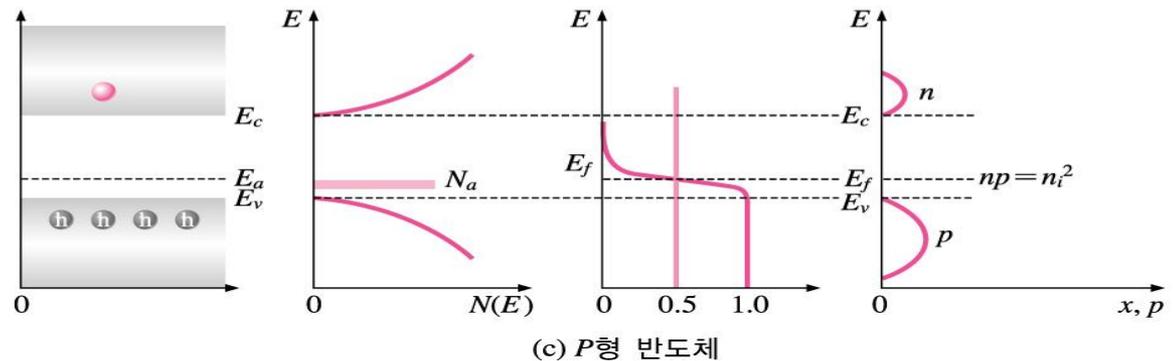
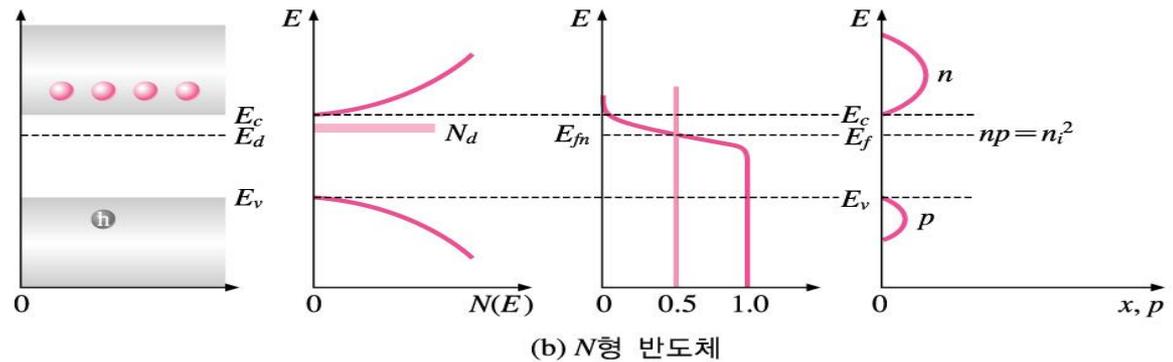
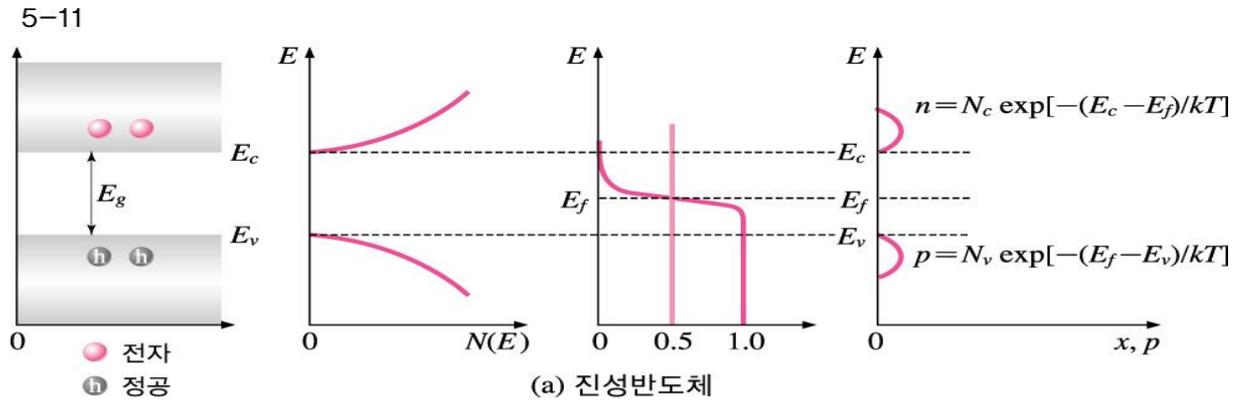


(b)



5.10 반도체의 캐리어 밀도

- 반도체의 캐리어 분포



5.10 반도체의 캐리어 밀도

- 반도체의 캐리어 농도

* 순수한 반도체 에너지대에서 충만대는 전자상태를 나타내고, 금지대 폭을 사이에 두고 전자의 허용대인 전도대가 존재, 여기에 전도전자가 있으면 같은 수의 정공이 충만대에서 발생

* 전도대에 존재하는 전자밀도 n 은

$$n = 2 \left(\frac{2\pi m_e^* kT}{h^2} \right)^{3/2} \exp\left(\frac{E_f - E_c}{kT} \right)$$

$$n = N_c \exp\left(\frac{E_f - E_c}{kT} \right)$$

$$N_c = 2 \left(\frac{2\pi m_e^* kT}{h^2} \right)^{3/2}$$

5.10 반도체의 캐리어 밀도

- 반도체의 캐리어 농도

* 충돌대 혹은 가전자대에서 생기는 정공 밀도

$$p = 2 \left(\frac{2\pi m_p kT}{h^2} \right)^{3/2} \exp\left(\frac{E_s - E_f}{kT} \right)$$

$$p = N_s \exp\left(\frac{E_s - E_f}{kT} \right)$$

$$N_s = 2 \left(\frac{2\pi m_p kT}{h^2} \right)^{3/2}$$

5.11 반도체의 페르미 준위

1. 진성 반도체

$$N_c \exp\left(-\frac{E_f - E_c}{kT}\right) = N_v \exp\left(-\frac{E_s - E_f}{kT}\right)$$

$$\begin{aligned} E_f &= \frac{1}{2}(E_c + E_s) + \frac{1}{2} kT \log \frac{N_v}{N_c} \\ &= \frac{1}{2}(E_c + E_s) + \frac{3}{4} kT \log \frac{m_s}{m_c^*} \end{aligned}$$

$$n_i^2 = n_0 p_0$$

$$n = p = n_i = (N_c N_v)^{1/2} \exp\left(-\frac{E_g}{2kT}\right), \quad E_g = E_c - E_s$$

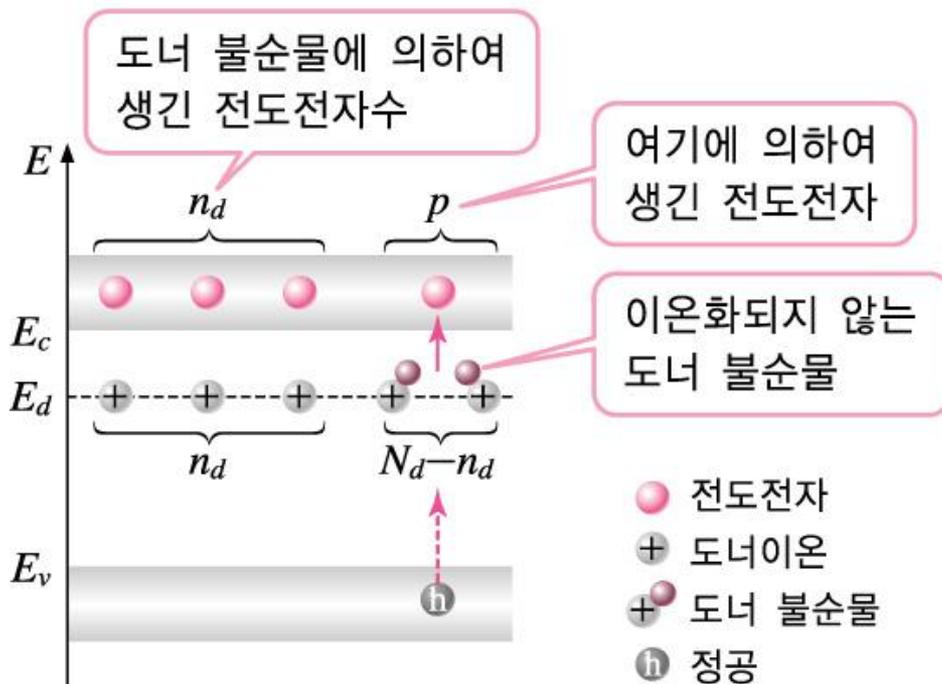
5.11 반도체의 페르미 준위

2. N형 반도체

- N형 반도체의 페르미 준위 : $E_{fn} = \frac{1}{2}(E_d + E_c) + \frac{1}{2} kT \log \frac{N_d}{N_c}$

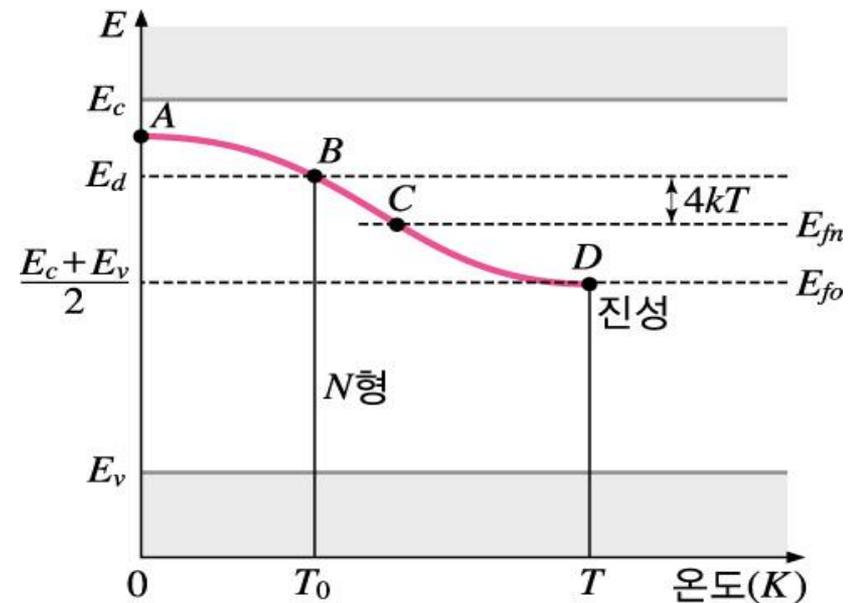
* N반도체의 불순물 에너지 준위

5-12



* 온도에 따른 페르미 준위의 변화

5-13



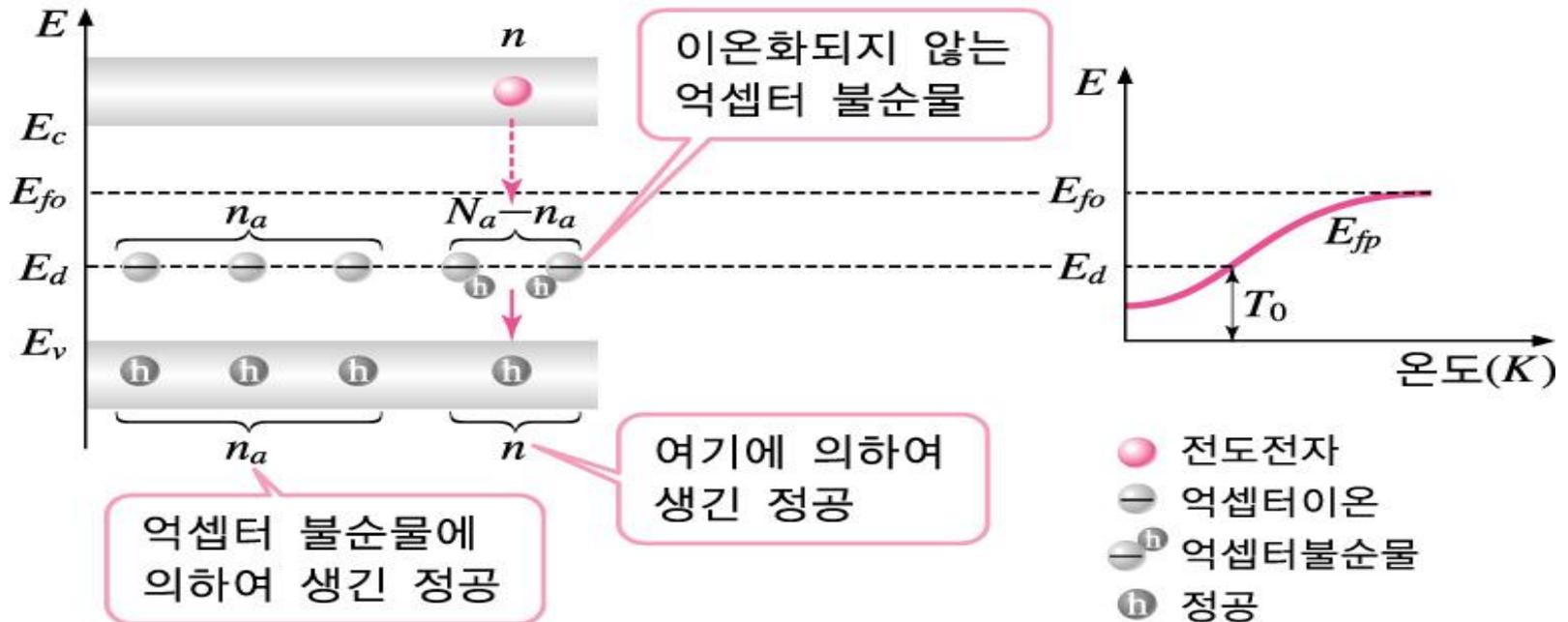
5.11 반도체의 페르미 준위

3. P형 반도체

- 페르미 준위 :
$$E_{fp} = \frac{1}{2}(E_c + E_v) + \frac{1}{2} kT \log \frac{N_v}{N_a}$$

- P형 반도체의 불순물 준위

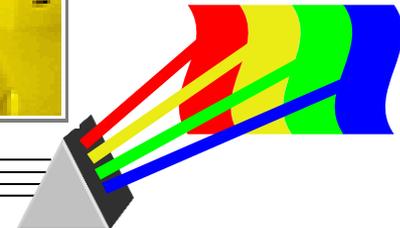
5-14



Chapter 05

복습문제 풀이

연구문제 풀이 - 보고서-



**Thanks for your hard study
of chapter 5**

